

単純代数群の正則概均質ベクトル空間の  $b$ -関数について

筑波大数学研究科 笠井伸一 (Shin-ichi Kasai)

序文 既約概均質ベクトル空間の分類は [1] において完成しています。さらに、既約正則概均質ベクトル空間の  $b$ -関数はすでに (一つを除いて) すべて決定されています ([10])。この場合は基本的相対不変式が一個の場合であり、 $b$ -関数の決定には [8] で示された超局所解析を用いて計算する方法が使われています。正則概均質ベクトル空間で基本的相対不変式が二個以上の場合にも [8] と同様の結果が成り立つことは [9] において示されています。ここではこの [9] の結果を用いて、単純代数群の既約でない正則概均質ベクトル空間の  $b$ -関数を決定します。単純代数群の既約でない概均質ベクトル空間は [2] において分類されていて、その正則性および基本的相対不変式の具体的形が求められています。可約代数群の表現で軌道の数が有限個になるものはすでに [5] において決定されています。単純代数群の既約でない概均質ベクトル空

間で有限個の軌道を持つものに対しては、それらの空間の軌道分解が [6], [7] に示されています。以上の結果を用いて [9] の超局所解析を用いた計算法を実行します。この結果は2年ほど前に計算してあったものですが、この機会に得られている結果をまとめておくことにします。b-関数の定義、計算のために必要な結果は §1 にまとめてあります。§2 では個々の単純代数群の既約でない正則概均質ベクトル空間に対して得られている結果 (ホロ) ミー図形など) を述べ、§3 に結果をまとめておきます。

木村達雄先生には、[9] の preprint や超局所解析を用いた計算法について等多くの事を教えていただきました。ここに感謝の意を表します。

## §1. 準備

1-1. b-function.  $(G, \rho, V)$  を概均質ベクトル空間 (以下 P.V. とかく) とし、 $S$  をその singular set とする。 $X(G)$  を  $G$  のすべての有理指標のなす群とする。 $V$  上の有理関数  $f(x)$  が  $(G, \rho, V)$  の 相対不変式 であるとは、ある  $\chi \in X(G)$  が存在して  $f(\rho(\mathfrak{g})x) = \chi(\mathfrak{g})f(x)$  ( $\mathfrak{g} \in G, x \in V$ ) が成り立つことをいう。このとき  $\chi$  を  $f(x)$  の指標という。  $S_1, \dots, S_\ell$  を  $S$  の余次元1の既約成分とす。そのとき各  $S_i$  はある既約多項式  $f_i(x)$  の零点集合である:  $S_i = \{x \in V; f_i(x) = 0\}$  ( $1 \leq i \leq \ell$ )。このときそれ

$f_1(x), \dots, f_\ell(x)$  は互いに代数的に独立な相対不変式で、 $\mathbb{C}$  か  
 もすべての相対不変式  $f(x)$  は  $f(x) = c \cdot f_1(x)^{m_1} \cdots f_\ell(x)^{m_\ell}$  ( $c \in \mathbb{C}, (m_1, \dots,$   
 $m_\ell) \in \mathbb{Z}^\ell$ ) の形に一意的にあらわされる。  $f_1(x), \dots, f_\ell(x)$  のことを  
 基本的相対不変式とよぶ。  $G_1 \in [G, G]$  と generic isotropy subgroup  
 $G_x (x \in V-S)$  により生成される  $G$  の部分群とする。  $G_1$  は  $x \in V-S$   
 のとり方によるない。 このとき  $\chi \in X(G)$  がある相対不変式に対  
 応しているための必要十分条件は  $\chi|_{G_1} = 1$  なることである。 し  
 たが、  $X_1(G) := \{\chi \in X(G); \chi|_{G_1} = 1\}$  は  $\chi_1, \dots, \chi_\ell$  により生成される階  
 数  $\ell$  の自由アベル群である。(以上については [1] の §4 をみよ)

$\mathfrak{g}$  を  $G$  のリ-環,  $\mathfrak{g}_1$  を  $G_1$  のリ-環とし,  $\delta\chi_1, \dots, \delta\chi_\ell$  を  $\chi_1, \dots, \chi_\ell$   
 の微分とする。  $\bar{X}_i := \{\omega \in \mathfrak{g}^*; \omega|_{\mathfrak{g}_1} = 0\}$  とおけば, 各  $\delta\chi_i \in \bar{X}_i$  ( $1 \leq i \leq \ell$ )  
 である。  $\bar{X}_0$  を  $\delta\chi_1, \dots, \delta\chi_\ell$  で生成される  $\bar{X}_i$  の部分空間とする。 P. V.  
 $(G, \rho, V)$  が 正則 であるとは, ある  $\omega = \sum_{i=1}^{\ell} s_i \delta\chi_i \in \bar{X}_0$  が存在して  
 $\text{grad log } f_1^{s_1} \cdots f_\ell^{s_\ell} : V-S \rightarrow V^*$  の像が Zariski-稠密となることを  
 いう。 群  $G$  が reductive であるときは, P. V.  $(G, \rho, V)$  が正則  
 であることとその singular set  $S$  が超曲面 (すなわち余次元  
 2 以上の既約成分をもたない) であることは同値である。  $(G,$   
 $\rho^*, V^*)$  が  $(G, \rho, V)$  の dual であるとは,  $\rho^*$  が  $V$  の双対空間  $V^*$  上  
 での  $\rho$  の反傾表現であることという, i.e.,  $\langle \rho(g)x, \rho^*(g)y \rangle = \langle x, y \rangle$   
 $(g \in G, x \in V, y \in V^*)$ 。  $(G, \rho, V)$  が正則 P. V. ならばその dual  $(G,$   
 $\rho^*, V^*)$  も正則 P. V. であり, その singular set  $S^*$  の余次元 1 の

既約成分の数  $l^*$  は  $l$  に一致する。

$(G, \rho, V)$  を正則 P. V. とし,  $f_1^*(y), \dots, f_l^*(y)$  をその dual P. V.  $(G, \rho^*, V^*)$  の基本的相対不変式連とし,  $\chi_1^*, \dots, \chi_l^*$  をその指標連とする, 即ち  $f_i^*(\rho^*(g)y) = \chi_i^*(g) f_i^*(y)$  ( $g \in G, y \in V^*$ ) ( $i=1, \dots, l$ ). そのとき  $X_1(G)$  は  $\chi_1^*, \dots, \chi_l^*$  で生成される自由アベル群である。任意の  $\chi \in X_1(G)$  に対して  $\chi = \prod_{i=1}^l \chi_i^{n_i} = \prod_{i=1}^l \chi_i^{*m_i}$  ( $n_i, m_i \in \mathbb{Z}$ ) となる。多項式  $f_i(x), f_i^*(y)$  ( $1 \leq i \leq l$ ) を以下固定し,  $f^\chi(x) := \prod_{i=1}^l f_i(x)^{n_i}$ ,  $f^{*\chi} = \prod_{i=1}^l f_i^*(y)^{m_i}$  とおく。  $\bar{X}_0 = \langle \delta\chi_1, \dots, \delta\chi_l \rangle_{\mathbb{C}} \in \omega = \sum_{i=1}^l s_i \delta\chi_i \mapsto s = (s_1, \dots, s_l) \in \mathbb{C}^l$  により  $\mathbb{C}^l$  と同一視する。  $s \in \bar{X}_0$  に対し  $f^s(x) := \prod_{i=1}^l f_i(x)^{s_i}$  とおく。  $\chi = \prod_{i=1}^l \chi_i^{n_i} \in X_1(G)$  に対して  $\delta\chi = \sum_{i=1}^l n_i \delta\chi_i \in \bar{X}_0$  で  $f^{\delta\chi}(x) = \prod_{i=1}^l f_i(x)^{n_i}$  である。したがって  $f^\chi(x) = f^{\delta\chi}(x)$  ( $\chi \in X_1(G)$ )。

Prop. 1.  $(G, \rho, V)$  を正則 P. V. とする。  $\chi \in X_1(G)$  を  $f^{*\chi^{-1}}(y)$  が  $V^*$  上の多項式となる指標とする。 そのとき  $s \in \bar{X}_0$  のある多項式  $b_\chi(s)$  が存在して  $f^{*\chi^{-1}}(\text{grad}_x) f^{s+\delta\chi}(x) = b_\chi(s) f^s(x)$  が成り立つ。

上の命題の  $s$  の多項式  $b_\chi(s)$  を b-関数 (b-function) といい。

(以上については [8] の § 1 を見よ)

1-2. good holonomic variety. P. V.  $(G, \rho, V)$  を固定する。  $V$  の余接束  $T^*V$  を  $V \times V^*$  と同一視する。

$V$  の点  $x_0$  に対して, conormal vector space  $V_{x_0}^* \in V_{x_0}^* = (d(\rho)(x_0))^\perp = \{y \in V^*; \langle d(A)x_0, y \rangle = 0 \text{ for all } A \in \mathfrak{g}\}$  によって定義する。  $V_{(g)x_0}^* = \rho^*(g) V_{x_0}^*$  中え, isotropy subgroup  $G_{x_0}$  が  $e_{x_0} := \rho^*|_{G_{x_0}}$  により  $V_{x_0}^*$  に作

用する。こうして得られる三つ組  $(G_{x_0}, e_{x_0}, V_{x_0}^*)$  を  $(G, e, V)$  の  $x_0$  における colocalization という。  $(G_{x_0}, e_{x_0}, V_{x_0}^*) \cong (G_{x_1}, e_{x_1}, V_{x_1}^*)$  for  $x_1 \in e(G)x_0$  である。

軌道  $e(G)x_0$  の conormal bundle  $T(e(G)x_0)^\perp (= T_{e(G)x_0}^* V)$  を集合  $\{(x, y) \in V \times V^*; x \in e(G)x_0, y \in V_{x_0}^*\}$  の  $V \times V^*$  における Zariski-閉包として定義する。これは  $(\dim V)$ -次元の代数的集合である。 $G$  は  $(x, y) \mapsto g \cdot (x, y) := (e(g)x, e^*(g)y)$  for  $g \in G$  により  $T(e(G)x_0)^\perp$  に作用する。そのとき  $G$  が  $T(e(G)x_0)^\perp$  に概均質に作用 (すなわち Zariski-稠密な軌道が存在) することと, colocalization  $(G_{x_0}, e_{x_0}, V_{x_0}^*)$  が P. V. であること, 及びある  $y_0 \in V_{x_0}^*$  が存在して  $T(e(G)x_0)^\perp = \overline{G(x_0, y_0)}$  となることは同値である。ここに  $G(x_0, y_0) = \{(e(g)x_0, e^*(g)y_0) ; g \in G\}$ 。

軌道  $e(G)x_0$  の conormal bundle  $\Lambda = T(e(G)x_0)^\perp$  が good holonomic variety であるとは次の2つの条件をみたすことをいう。

- (1) 群  $G$  は  $\Lambda$  に概均質に作用する, 即ち  $\Lambda = \overline{G(x_0, y_0)}$  for  $\exists y_0 \in V_{x_0}^*$ .
- (2)  $\Lambda \subset W$ . ここに  $W$  は集合  $\{(x, \text{grad } \log f^s(x)) \in V \times V^*; x \in V - S, s \in \mathbb{C}^d\}$  の  $V \times V^*$  における Zariski-閉包をあらわす。

一般に P. V.  $(G, e, V)$  が正則であることと, 原点の conormal bundle  $\Lambda = \{0\} \times V^*$  が good holonomic variety であることは同値である。また  $\Lambda = V \times \{0\}$  はつねに good holonomic variety である。

次の命題は  $G$ -軌道の conormal bundle  $\Lambda$  が  $\Lambda \subset W$  となるため

の十分条件を与える。

Prop. 2. (Proposition 6.20 in [9]; cf. Proposition 6.6 in [8])

$\Lambda_0$  と  $\Lambda_1$  をそれぞれある  $G$ -軌道の conormal bundle とする。ある  $\varphi \in \Lambda_0 \cap \Lambda_1$  に対して  $\dim \varphi = \dim V - l$  が成り立つと仮定する。ここに  $\varphi_0 := \{A \in \varphi; \delta x_i(A) = 0 \text{ for } i=1, \dots, l\}$ 。  $\Lambda_0$  (又は  $\Lambda_1$ )  $\subset W$  と仮定する。そのとき  $\Lambda_0 \cup \Lambda_1 \subset W$  が成り立つ。

1-3.  $b_{\Lambda_1}^X(s) / b_{\Lambda_0}^X(s)$ .  $\Lambda$  を good holonomic variety とし,  $f^X$  が多項式であるとする。  $s = (s_1, \dots, s_\ell) \in \bar{X}_0$  の多項式  $b_\Lambda^X(s)$  が  $\Lambda$  上の local b-function であるとは,  $\Lambda$  の generic point の近傍で定義された  $s$  による  $\mathbb{C}$  可逆擬微分作用素  $P_X$  が存在して  $P_X f^{s+\delta x} = b_\Lambda^X(s) f^s$  をみたすことをいう ([8] の Def. 5.1 をみよ)。 local b-function  $b_\Lambda^X(s)$  は  $\Lambda$  に対して定数倍を除いて一意に存在する。

$(G, \rho, V)$  が正則 P.V. ならば, b-function  $b_X(s)$  は原点の conormal bundle  $\Lambda = \{0\} \times V^*$  の local b-function である。一方  $\Lambda = V \times \{0\}$  に対しては  $b_\Lambda^X(s) = 1$  である。そこで 2 つの local b-function  $b_\Lambda^X(s)$  と  $b_{\Lambda'}^X(s)$  の関係が  $\Lambda$  と  $\Lambda'$  がある条件をみたすときにわかれば  $b_{V \times \{0\}}^X(s) = 1$  から出発して  $b_X(s) = b_{\{0\} \times V^*}^X(s)$  が求められることが期待される。

2 つの good holonomic variety  $\Lambda_0$  と  $\Lambda_1$  とが余次元 1 で交わる (すなわち  $\dim \Lambda_0 \cap \Lambda_1 = \dim V - 1$ ) とし, 商  $b_{\Lambda_1}^X(s) / b_{\Lambda_0}^X(s)$  は次の定理により与えられる。

Th. 3. (Main Theorem 7.9 in [9]; cf. Theorem 7.5 in [8])

2つの good holonomic variety  $\Lambda_0$  と  $\Lambda_1$  とが余次元 1 で交わり、その intersection exponent が  $(\mu: \nu)$  であるとする。  $m = \mathcal{E}f^s$  が  $\Lambda_0 \cup \Lambda_1$  に support をもつ simple holonomic system であると仮定する。  $\text{ord}_{\Lambda_j} f^s = -\sum_{i=1}^l m_{ji} s_i - \frac{M_j}{2}$  ( $j=0,1$ ) のとき、  $s = (s_1, \dots, s_l)$  の linear form  $e_1(s)$  を  $e_1(s) := \frac{1}{\nu+1} \left( \sum_{i=1}^l (m_{1i} - m_{0i}) s_i \right)$  と定義する。  $e_1(\delta x) > 0$  と仮定する。 そのとき

$$b_{\Lambda_1}^x(s) / b_{\Lambda_0}^x(s) = \text{const.} \prod_{k=0}^{\nu} \left[ \frac{1}{\nu+1} (\text{ord}_{\Lambda_0} f^s - \text{ord}_{\Lambda_1} f^s) + \frac{\mu}{2(\mu+\nu)} + \frac{k}{\mu+\nu} \right] e_1(\delta x).$$

ただし  $k > 0$  に対して  $[\alpha]_k = \alpha(\alpha+1)\dots(\alpha+k-1)$ .

Cor. 4. (cf. Corollary 7.6 in [8])

$\Lambda_0$  と  $\Lambda_1$  との intersection exponent が  $\mu=1$  かつ  $\nu=0$  のとき、

$$b_{\Lambda_1}^x(s) / b_{\Lambda_0}^x(s) = \text{const.} \left[ \text{ord}_{\Lambda_0} f^s - \text{ord}_{\Lambda_1} f^s + \frac{1}{2} \right] e_1(\delta x).$$

上の定理は、もし  $\text{ord}_{\Lambda_j} f^s$  ( $j=0,1$ ) と  $(\mu: \nu)$  が計算できれば、商  $b_{\Lambda_1}^x(s) / b_{\Lambda_0}^x(s)$  が (ある条件の下で) 得られることを述べている。 その  $\text{ord}_{\Lambda_j} f^s$  と  $(\mu: \nu)$  は次の命題 5, 6 により計算される。

Prop. 5. (Proposition 4.11 in [9]; cf. Proposition 4.14 in [8])

$\Lambda = \overline{G(x_0, y_0)}$  を good holonomic variety とする。  $G$  の リー環の元  $A_0$  について  $de(A_0)x_0 = 0$  かつ  $de^*(A_0)y_0 = y_0$  なるものを一つとる。

$$\text{そのとき } \text{ord}_{\Lambda} f^s = \sum_{i=1}^l s_i \delta x_i(A_0) - \text{tr}_{V_{x_0}^*} de_{x_0}(A_0) + \frac{1}{2} \dim V_{x_0}^*.$$

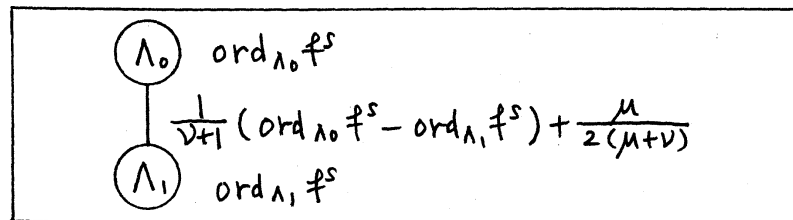
ここに  $\text{tr}_{V_{x_0}^*} A_0$  は  $de_{x_0}(A_0)$  の  $V_{x_0}^*$  における trace を表わす。

Prop. 6. (Proposition 6.5 in [8])

$\Lambda_0 = \overline{G(x_0, y_0)}$  と  $\Lambda_1 = \overline{G(x_1, y_1)}$  を good holonomic variety と

$\lambda$ ,  $(x_0, y_1) \in \Lambda_0 \cap \Lambda_1$  かつ  $\dim \mathcal{G}(x_0, y_1) = \dim V - 1$  であるとする。  
 冪の元  $A_1$  について  $de(A_1)x_0 = 0$  かつ  $de^*(A_1)y_1 = y_1$  なるものを一つとる。  
 そのとき  $A_1$  は 1 次元ベクトル空間  $\tilde{V} := V_{x_0}^*$  modulo  $de_{x_0}(y_{x_0})y_1$  に作用する。  
 $\beta$  をその固有値, 即ち  $\beta = \text{tr}_{\tilde{V}} A_1$  とする。そのとき  $\mu$  と  $\nu$  は  $\beta = \frac{\mu}{\mu + \nu}$ ,  $(\mu, \nu) = 1$  により与えられる。もし  $\beta$  が一意的に定まらなければ, 即ち  $\beta$  が  $A_1$  に依存するならば,  $\mu = 1, \nu = 0$  である。注.  $(\mu: \nu)$  は非負整数の組である。

1-4. holonomy diagram.  $(\mathcal{G}, e, V)$  を有限個の軌道を持つ正則 P.V. とする。 $\{\Lambda_1, \dots, \Lambda_m\}$  を  $W$  に含まれる  $V$  のある  $\mathcal{G}$ -軌道の conormal bundle の全体とする。各  $\Lambda_i$  に円を対応させ  $\Lambda_i$  と  $\Lambda_j$  とが余次元 1 で交わる (即ち  $\dim \Lambda_i \cap \Lambda_j = \dim V - 1$ ) としかつそのときに限って対応する円を線でつなぐ。こうして得られる図形を P.V.  $(\mathcal{G}, e, V)$  のホロ  $\equiv$  一図形 (holonomy diagram) という。一般に,  $\Lambda_i, \Lambda_j$  が good holonomic variety のとき,  $\Lambda_i$  に対応する円の右側に  $\text{ord}_{\Lambda_i} f^s$  を記し,  $\Lambda_i$  と  $\Lambda_j$  が余次元 1 で交わるときに結び線の右側に  $\frac{1}{\nu+1} (\text{ord}_{\Lambda_i} f^s - \text{ord}_{\Lambda_j} f^s) + \frac{\mu}{2(\mu+\nu)}$  を書く。



ホロ)  $\equiv$  一図形の典型的な作り方 (Remark 6.2 in [P]):  
 $x_0 \in V$  とし,  $(\mathcal{G}, e, V)$  の  $x_0$  における colocalization  $(\mathcal{G}_{x_0}, e_{x_0}, V_{x_0}^*)$



が P. V. であると仮定する。軌道  $e(G)x_0$  の conormal bundle  $\Lambda_0 = T(e(G)x_0)^\perp$  を考える。  $y_0 \in P. V. (G_{x_0}, e_{x_0}, V_{x_0}^*)$  の generic point とすれば  $\Lambda_0 = \overline{G(x_0, y_0)}$  である。  $y_1 \in V_{x_0}^*$  を  $\text{codim}_{V_{x_0}^*} e_{x_0}(G_{x_0})y_1 = 1$  なる点とする。そのとき軌道  $e(G)x_1$  は  $(\dim V - 1)$ -次元かつ  $e(G)x_1 \subset \Lambda_0$  となる。このときさらに  $(G, e, V)$  の dual P. V.  $(G, e^*, V^*)$  の  $y_1$  における colocalization  $(G_{y_1}, e_{y_1}^*, V_{y_1}^*)$  が P. V. であると仮定し、  $x_1$  をその generic point とする。そのとき  $x_1 \in V$  を通る軌道  $e(G)x_1$  の conormal bundle  $\Lambda_1 = T(e(G)x_1)^\perp$  は  $\Lambda_1 = \overline{G(x_1, y_1)}$  となる。そのとき、もし  $e(G)x_0 \neq e(G)x_1$  ならば、  $e(G)x_1 \subset \Lambda_0 \cap \Lambda_1$  かつ  $\dim e(G)x_1 = \dim V - 1$  ゆえ、  $\dim \Lambda_0 \cap \Lambda_1 = \dim V - 1$  となる、即ち  $\Lambda_0$  と  $\Lambda_1$  とは余次元 1 で交わる。したがって、2 次のホロミニ-図形を得る。

$$\Lambda_0 \text{ --- } \Lambda_1 = T_{e^*(G)y_1}^* V^*$$

$x_0 \in V$  に対し、colocalization  $(G_{x_0}, e_{x_0}, V_{x_0}^*)$  が P. V. であると仮定し、  $y_0$  をその generic point とする。  $(G, e^*, V^*)$  に対し  $V = (V^*)^*$  と考えて、  $V^*$  の軌道  $e^*(G)y_0$  の conormal bundle  $T_{e^*(G)y_0}^* V^* (\subset V \times V^*)$  を作ったとき、  $T_{e(G)x_0}^* V = T_{e^*(G)y_0}^* V^*$  となる。したがって  $V$  の軌道  $e(G)x_0$  と  $V^*$  の軌道  $e^*(G)y_0$  が 1 対 1 に対応する。これらを互いに conormal bundle で対応する軌道という。  $G$  が reductive のとき、 P. V. として  $(G, e, V) \cong (G, e^*, V^*)$  ゆえ、  $\langle \rangle$  により  $V$  と  $V^*$  を同一視すれば、  $V^*$  の軌道  $e^*(G)y_0$  は  $V$  のある軌道  $e(G)x_0'$  と同一視できる。このとき軌道  $e(G)x_0$  と  $e(G)x_0'$  は互いに dual orbit であるという。

## § 2.

Th. ([2]) 単純代数群の(既約でない)正則概均質ベクトル空間は次の通り。ここに  $N$  は代数的に独立な相対不変式の個数をあらわす(§ 1 の  $l$  のこと)。

(I)  $N = 1$ 

- (1)  $(GL(1)^2 \times SL(m), \lambda_1 \oplus \lambda_1^*, V(m) \oplus V(m)^*)$ .
- (2)  $(GLU)^m \times SL(m), \lambda_1 \oplus \cdots \oplus \lambda_1, V(m) \oplus \cdots \oplus V(m)$ .
- (3)  $(GL(1)^2 \times SL(2m+1), \lambda_2 \oplus \lambda_1, V(m(2m+1)) \oplus V(2m+1))$ .
- (4)  $(GL(1)^2 \times Sp(m), \lambda_1 \oplus \lambda_1, V(2m) \oplus V(2m))$ .
- (5)  $(GL(1)^2 \times Spin(10), \text{偶半スピノ表現} \oplus \text{偶半スピノ表現}, V(16) \oplus V(16))$ .

(II)  $N = 2$  その 1.

- (6)  $(GLU)^3 \times SL(2m), \lambda_2 \oplus \lambda_1 \oplus \lambda_1, V(m(2m-1)) \oplus V(2m) \oplus V(2m)$ .
- (7)  $(GL(1)^3 \times SL(2m), \lambda_2 \oplus \lambda_1^* \oplus \lambda_1^*, V(m(2m-1)) \oplus V(2m)^* \oplus V(2m)^*)$ .
- (8)  $(GL(1)^2 \times SL(m), 2\lambda_1 \oplus \lambda_1, V(\frac{1}{2}m(m+1)) \oplus V(m))$ .
- (9)  $(GL(1)^2 \times SL(m), 2\lambda_1 \oplus \lambda_1^*, V(\frac{1}{2}m(m+1)) \oplus V(m)^*)$ .
- (10)  $(GL(1)^2 \times SL(7), \lambda_3 \oplus \lambda_1, V(35) \oplus V(7))$ .
- (11)  $(GL(1)^2 \times SL(7), \lambda_3 \oplus \lambda_1^*, V(35) \oplus V(7)^*)$ .
- (12)  $(GL(1)^2 \times Sp(3), \lambda_3 \oplus \lambda_1, V(14) \oplus V(6))$ .
- (13)  $(GL(1)^2 \times Spin(10), \text{半スピノ表現} \oplus \text{ベクトル表現}, V(16) \oplus V(10))$ .

## その 2.

- (14)  $(GL(1)^3 \times SL(2m), \lambda_2 \oplus \lambda_1 \oplus \lambda_1^*, V(m(2m-1)) \oplus V(2m) \oplus V(2m)^*)$ .

$$(15) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{Spin}(7), \text{スピノ表現} \oplus \text{ベクトル表現}, V(8) \oplus V(7)).$$

$$(16) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{Spin}(8), \text{半スピノ表現} \oplus \text{ベクトル表現}, V(8) \oplus V(8)).$$

$$(17) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{Spin}(12), \text{半スピノ表現} \oplus \text{ベクトル表現}, V(32) \oplus V(12)).$$

(III)  $N = 3$

$$(18) \quad (\mathrm{GL}(1)^3 \times \mathrm{SL}(2), \Lambda_1 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1, V(2) \oplus V(2) \oplus V(2)).$$

(IV)  $N \geq 4$

$$(19) \quad (\mathrm{GL}(1)^{m+1} \times \mathrm{SL}(m), \Lambda_1 \oplus \cdots \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1, V(m) \oplus \cdots \oplus V(m) \oplus V(m)) (m \geq 3) \quad N = m+1.$$

$$(20) \quad (\mathrm{GL}(1)^{m+1} \times \mathrm{SL}(m), \Lambda_1 \oplus \cdots \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*, V(m) \oplus \cdots \oplus V(m) \oplus V(m)^*) (m \geq 3) \quad N = m+1.$$

$$(21) \quad (\mathrm{GL}(1)^4 \times \mathrm{SL}(2m+1), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1, V(m(2m+1)) \oplus V(2m+1) \oplus V(2m+1) \oplus V(2m+1)) \quad N = 4.$$

$$(22) \quad (\mathrm{GL}(1)^4 \times \mathrm{SL}(2m+1), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1^* \oplus \Lambda_1^*, V(m(2m+1)) \oplus V(2m+1) \oplus V(2m+1)^* \oplus V(2m+1)^*) \quad N = 4.$$

注. (2) with  $m \geq 4$ , (5), (19), (20), (21), (22) は無限個の軌道を持ち,  
他はすべて有限個の軌道を持つ ([5]).

2-1.  $N = 1$  の場合.

$$(1) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{SL}(m), \Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*, V(m) \oplus V(m)^*).$$

基本的相対不変式は  $f_1(\tilde{x}) = \langle x, y \rangle$  for  $\tilde{x} = (x, y) \in V(m) \oplus V(m)^*$  であり、  
与えらる ([2] の §3. A の (1)).  $f(x) = \langle x, y \rangle = \sum_{i=1}^m x_i y_i$  に対して  
定義により  $f(\mathrm{grad} x) f(x)^{s_1+1} = b_{x_1}(s_1) f(x)^{s_1}$  を直接計算すること  
により  $b_{x_1}(s_1) = (s_1+1)(s_1+m)$  を得る。よって  $b_{x_1^{m_1}}(s_1) = [s_1+1]_{m_1} \cdot$   
 $[s_1+m]_{m_1}$  for  $m_1 > 0$  を得る。なお軌道分解おまむホロ) ミ一因  
形は次の通り。

$(GL(1)^2 \times SL(n), \lambda_1 \oplus \lambda_1^*)$  は次の

5個の軌道に分解する。

代表点	codim.	代表点	codim.
(1) $(e_1, e_1)$	0	(5) $(0, 0)$	$2n$
(2) $(e_1, e_2)$	1	(self-dual)	
(3) $(e_1, 0)$	$n$	(4) $(0, e_1)$	$n$

(2)  $(GL(1)^n \times SL(n), \lambda_1 \oplus \dots \oplus \lambda_1, V(n) \oplus \dots \oplus V(n))$ .

基本的相対不変式は  $f_1(x) = \det(x_1, x_2, \dots, x_n)$  for  $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in V(n) \oplus \dots \oplus V(n)$  である ( [2] の § 3. A の (2) )。  $(GL(1)^n \times SL(n), \lambda_1 \oplus \dots \oplus \lambda_1) \cong (SL(n) \times \left( \begin{smallmatrix} GL(1) & & \\ & \ddots & \\ & & GL(1) \end{smallmatrix} \right), \lambda_1 \oplus \lambda_1) \hookrightarrow (SL(n) \times GL(n), \lambda_1 \oplus \lambda_1)$  により, (2) の  $b$ -関数は既約正則 P. V.  $(SL(n) \times GL(n), \lambda_1 \oplus \lambda_1)$  の  $b$ -関数に帰着される。したがって  $\chi^{m_1}(s_1) = [s_1+1]_{m_1} [s_1+2]_{m_1} \dots [s_1+n]_{m_1}$  for  $m_1 > 0$  である。注.  $n = 2, 3$  のとき (2) は有限個の軌道に分解する。これらの軌道分解およびホロミニ図形は次の通り。

$(GL(1)^2 \times SL(2), \lambda_1 \oplus \lambda_1)$  は次の5個の

軌道をもつ (Prop. 4(I) in [7]) .

代表点	codim.	代表点	codim.
(1) $(0, 0)$	4	(5) $(e_1, e_2)$	0
(2) $(e_1, 0)$	2	(3) $(0, e_1)$	2
(4) $(e_1, e_1)$	1	(self-dual)	

図 1.  $(GL(1)^2 \times SL(n), \lambda_1 \oplus \lambda_1^*)$

のホロミニ図形。

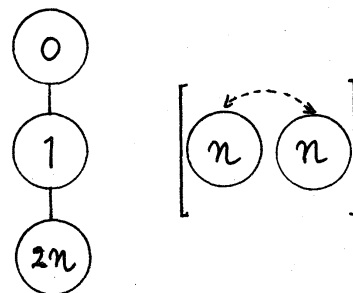
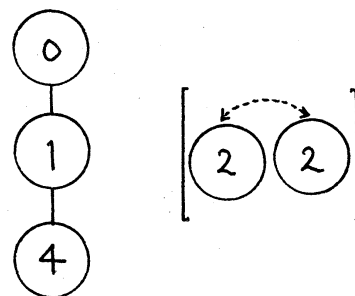


図 2.  $(GL(1)^2 \times SL(2), \lambda_1 \oplus \lambda_1)$

のホロミニ図形。

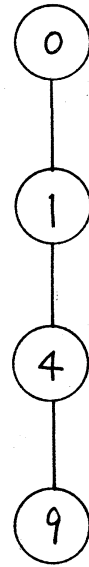


$(GL(1)^3 \times SL(3), \lambda_1 \oplus \lambda_1 \oplus \lambda_1)$  は次の 16 個の軌道をもつ (Prop. 4 III) in [7]).

代表点	codim.	代表点	codim.
(1) $(0, 0, 0)$	9	(16) $(e_1, e_2, e_3)$	0
(2) $(e_1, 0, 0)$	6	(9) $(0, e_1, e_2)$	3
(3) $(0, e_1, 0)$	6	(10) $(e_1, 0, e_2)$	3
(4) $(0, 0, e_1)$	6	(11) $(e_1, e_2, 0)$	3
(5) $(0, e_1, e_1)$	5	(13) $(e_1, e_2, e_2)$	2
(6) $(e_1, 0, e_1)$	5	(14) $(e_1, e_2, e_1)$	2
(7) $(e_1, e_1, 0)$	5	(12) $(e_1, e_1, e_2)$	2
(8) $(e_1, e_1, e_1)$	4	(15) $(e_1, e_2, e_1 + e_2)$	1

図 3.

$(GL(1)^3 \times SL(3), \lambda_1 \oplus \lambda_1 \oplus \lambda_1)$  のホロミニ図形.



ここは dual orbits を横にならべてある.

(3)  $(GL(1)^2 \times SL(2m+1), \lambda_2 \oplus \lambda_1, V(m(2m+1)) \oplus V(2m+1))$ .

$$V = \left\{ \tilde{x} = \begin{bmatrix} X & y \\ -y^\dagger & 0 \end{bmatrix}; X = -X^\dagger \in M(2m+1), y \in \mathbb{C}^{2m+1} \right\} \text{ とし, } G = \left\{ g = \begin{bmatrix} \sqrt{\alpha} A & 0 \\ 0 & \frac{e}{\sqrt{\alpha}} \end{bmatrix} \right.$$

$\in GL(2(m+1)); (\alpha, \beta; A) \in GL(1)^2 \times SL(2m+1)$  とおくとき, 作用は  $e(g)\tilde{x}$

$$= g \tilde{x} g^{-1} = \begin{bmatrix} \alpha A X^\dagger A & \beta A y \\ -\beta^\dagger y^\dagger A & 0 \end{bmatrix} \text{ for } g \in G, \tilde{x} \in V \text{ できえされる. そのと}$$

き基本的相対不変式は  $f(\tilde{x}) = Pf(\tilde{x})$  for  $\tilde{x} \in V$  できえされる ([2]

の § 3. A の (8)).  $(GL(1)^2 \times SL(2m+1), \lambda_2 \oplus \lambda_1, V(m(2m+1)) \oplus \mathbb{C}^{2m+1}) \cong (G, e, V)$

$\hookrightarrow (GL(2(m+1)), \lambda_2, V((m+1)(2m+1)))$  により, (3) の b-関数は既約正則 P.

V.  $(GL(2(m+1)), \lambda_2)$  の b-関数に帰着される. したがって  $h_{X_1^{m_1}}(s_1) =$

$$\prod_{k=1}^{m+1} [s_1 + 2k - 1]_{m_1} \text{ for } m_1 > 0 \text{ である. 注. 軌道分解おまのホロミニ}$$

一図形は次の通りである。

$(GL(1)^2 \times SL(2m+1), \lambda_2 \oplus \lambda_1)$  は次の  
 $3m+2$  個の軌道に分解する。

$\therefore \therefore$  に  $J'_k = \begin{pmatrix} J_k & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \in M(2m+1), J_k = \begin{pmatrix} 0 & I_k \\ -I_k & 0 \end{pmatrix}$ .

代表点

dual orbit

- |          |                    |                     |                        |
|----------|--------------------|---------------------|------------------------|
| (1), $k$ | $(J'_k, e_{2m+1})$ | $(0 \leq k \leq m)$ | $(J'_{m-k}, 0)$        |
| (2), $k$ | $(J'_k, e_1)$      | $(1 \leq k \leq m)$ | $(J'_{m-k+1}, e_1)$    |
| (3), $k$ | $(J'_k, 0)$        | $(0 \leq k \leq m)$ | $(J'_{m-k}, e_{2m+1})$ |

図 4.  $(GL(1)^2 \times SL(2m+1), \lambda_2 \oplus \lambda_1)$   
 のホロ)  $\cong$  一図形.

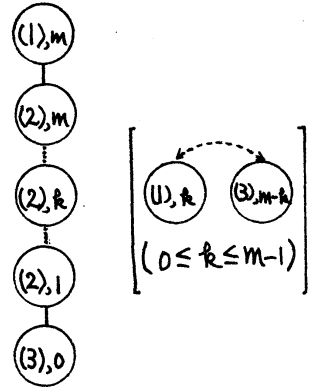


図 4 において  $(i), k$  は軌道  $(i), k$  の conormal bundle を表わす。

(4)  $(GL(1)^2 \times Sp(m), \lambda_1 \oplus \lambda_1, V(2m) \oplus V(2m))$ .

基本的相対不変式は  $f_1(x) = Pf^t(x, y) J(x, y)$  for  $\bar{x} = (x, y) \in V(2m) \oplus V(2m)$

$(J = \begin{bmatrix} 0 & -I_m \\ I_m & 0 \end{bmatrix})$  で与えられた ([2] の § 3. A の (20)).  $(GL(1)^2 \times Sp(m), \lambda_1 \oplus$

$\lambda_1) \cong (Sp(m) \times (GL(1) \times GL(1)), \lambda_1 \oplus \lambda_1) \hookrightarrow (Sp(m) \times GL(2), \lambda_1 \oplus \lambda_1)$  により, (3) は  
 既約正則 P. V.  $(Sp(m) \times GL(2), \lambda_1 \oplus \lambda_1)$  の場合に帰着される。また,

$(GL(1)^2 \times Sp(m), \lambda_1 \oplus \lambda_1) \cong (GL(1)^2 \times Sp(m), \lambda_1 \oplus \lambda_1^*) \hookrightarrow (GL(1)^2 \times SL(2m), \lambda_1 \oplus \lambda_1^*)$

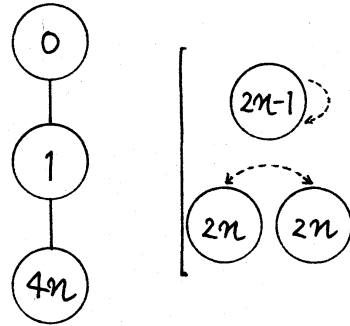
と見れば, (1) の結果に帰着される。したがって  $\mathcal{O}_{x, m_1}(S_1) = [s_1+1]_{m_1}$ ,

$[s_1+2m]_{m_1}$  for  $m_1 > 0$  である。注. 軌道分解およびホロ)  $\cong$  一図形は次の通り。

$(GL(1)^2 \times Sp(m), \lambda_1 \oplus \lambda_1)$  ( $m \geq 2$ ) は 6 個  
 の軌道をもつ (Prop. 5(II) in [7]).

図 5.  $(GL(1)^2 \times Sp(m), \lambda_1 \oplus \lambda_1)$   
 のホロ)  $\cong$  一図形.

代表点	codim.	代表点	codim.
(1) $(e_1, e_{m+1})$	0	(6) $(0, 0)$	$4m$
(2) $(e_1, e_2)$	1	(self-dual)	
(3) $(e_1, e_1)$	$2m-1$	(self-dual)	
(4) $(0, e_1)$	$2m$	(5) $(e_1, 0)$	$2m$



(5)  $(GL(1)^2 \times Spin(10), \text{偶半スピノ表現} \otimes \text{偶半スピノ表現}, V(16) \otimes V(16))$ .

偶半スピノ  $\alpha$  は  $\alpha = \alpha_0 + \sum_{1 \leq i < j \leq 5} x_{ij} e_i e_j + \sum_k x_k^* e_k^*$ ,  $e_k e_k^* = e_1 \cdots e_5$  と表わせる ([1] pp.110-112).  $X = (x_{ij})$  を  $5 \times 5$  対称行列,  $X_i$  を  $(-1)^i X$  から  $i$  行  $i$  列を除いて得られる  $4 \times 4$  対称行列とする。一般に  $4 \times 4$  対称行列  $Y = (y_{ij})$  に対し  $Pf(Y) = y_{12}y_{34} - y_{13}y_{24} + y_{14}y_{23}$  とおく (即ち Pfaffian)。偶半スピノ表現空間  $V(16)$  上に次の 10 個の 2 次形式  $Q_i(\alpha)$  ( $i=1, \dots, 10$ ) を定義する。  $Q_i(\alpha) = \sum_{j=1}^5 x_{ij} x_j^*$ ,  $Q_{i+5}(\alpha) = \alpha_0 x_i^* + Pf(X_i)$  ( $i=1, \dots, 5$ )。また  $B_i(\alpha, \beta) = Q_i(\alpha + \beta) - Q_i(\alpha) - Q_i(\beta)$  とおく。そのとき基本的相対不変式は  $f_i(\tilde{\alpha}) = \sum_{j=1}^5 B_j(\alpha, \beta) B_{i+5}(\alpha, \beta)$  for  $\tilde{\alpha} = (\alpha, \beta) \in V(16) \otimes V(16)$  とおける ([10] の p.21; [2] の §3. A (17))。  $(GL(1)^2 \times Spin(10), \text{偶半スピノ表現} \otimes \text{偶半スピノ表現}) \cong (Spin(10) \times \begin{pmatrix} GL(1) \\ GL(1) \end{pmatrix}, \text{偶半スピノ表現} \otimes \lambda_1) \hookrightarrow (Spin(10) \times GL(2), \text{偶半スピノ表現} \otimes \lambda_1)$  により, 既約正則 P. V.  $(Spin(10) \times GL(2), \text{偶半スピノ表現} \otimes \lambda_1)$  の場合に帰着される。したがって  $\chi_{n_1}(s_i) = [s_i + 1]_{n_1} \cdot [s_i + 4]_{n_1} \cdot [s_i + 5]_{n_1} \cdot [s_i + 8]_{n_1}$ , for  $n_1 > 0$  である。

2-2.  $N = 2$  (その1) の場合.

(b)  $(GLU)^3 \times SL(2m)$ ,  $\Lambda_2 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1$ ,  $V(m(2m-1)) \oplus V(2m) \oplus V(2m)$ .

$$V = \left\{ \tilde{x} = \left[ \begin{array}{c|cc} X & y, z \\ \hline -{}^t y & 0 \\ -{}^t z & 0 \end{array} \right]; {}^t X = -X \in M(2m), y, z \in \mathbb{C}^{2m} \right\} \text{ とし,}$$

$$G = \left\{ g = \left[ \begin{array}{c|cc|c} \sqrt{\alpha} A & & & \\ \hline & \beta & & \\ \hline & & \gamma & \\ \hline & & & \frac{\gamma}{\sqrt{\alpha}} \end{array} \right]; (\alpha, \beta, \gamma; A) \in GL(\mathbb{C})^3 \times SL(2m) \right\} \text{ とおくと,}$$

$$\text{作用は } \rho(g) \tilde{x} = g \tilde{x} {}^t g = \left[ \begin{array}{c|cc} \alpha A X {}^t A & \beta A y, \gamma A z \\ \hline -\beta {}^t y {}^t A & 0 \\ -\gamma {}^t z {}^t A & 0 \end{array} \right] \text{ for } g \in G, \tilde{x} \in V$$

である。基本的相対不変式は  $f_1(\tilde{x}) = Pf(X)$ ,  $f_2(\tilde{x}) = Pf(\tilde{x})$  for  $\tilde{x} \in V$  として与えられる ([2] の § 3. A の (5) の  $f_2(\tilde{x})$  は既約でない)。したがって  $\delta X_1(\tilde{A}) = m\alpha$ ,  $\delta X_2(\tilde{A}) = (m-1)\alpha + \beta + \gamma$  for  $\tilde{A} = (\alpha, \beta, \gamma; A) \in gl(\mathbb{C})^2 \oplus sl(2m)$  である。

$(GL(\mathbb{C})^3 \times SL(2m), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1)$  は次の  $13m-3$  個の軌道を持つ (cf. Prop. 6 (III) in [7]).  $\therefore \therefore$  に  $J'_k = \begin{pmatrix} J'_k & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \in M(2m)$ ,  $J_k = \begin{bmatrix} 0 & I_k \\ -I_k & 0 \end{bmatrix}$  である。

代表点	codim.	dual orbit
(1), $k$ $(J'_k, e_{2m}, e_{2m-1})$ ( $0 \leq k \leq m-1$ )	$(m-k)(2m-2k-1)$	(b), $m-k$ $(J'_{m-k}, 0, 0)$
(2), $k$ $(J'_k, e_1, e_{k+1})$ ( $1 \leq k \leq m$ )	$(m-k)(2m-2k-1) + 4(m-k)$	(5), $m-k+1$ $(J'_{m-k+1}, e_1, e_2)$ ( $k \neq m$ ) (b), $0$ $(J'_0, 0, 0)$ ( $k=m$ のとき)
(3), $k$ $(J'_k, e_{2m}, e_1 + e_{2m})$ ( $1 \leq k \leq m-1$ )	$(m-k)(2m-2k-1) + 2m-2k-1$	(4), $m-k$ $(J'_{m-k}, e_1, e_1)$
(4), $k$ $(J'_k, e_1, e_1)$ ( $1 \leq k \leq m-1$ )	$(m-k)(2m-2k-1) + 4m-2k-1$	(3), $m-k$ $(J'_{m-k}, e_{2m}, e_{2m} + e_1)$
(5), $k$ $(J'_k, e_1, e_2)$ ( $2 \leq k \leq m$ )	$(m-k)(2m-2k-1) + 4m-4k+1$	(2), $m-k+1$ $(J'_{m-k+1}, e_1, e_{m-k+2})$
(6), $k$ $(J'_k, 0, 0)$ ( $0 \leq k \leq m$ )	$(m-k)(2m-2k-1) + 4m$	(1), $m-k$ $(J'_{m-k}, e_{2m}, e_{2m-1})$ ( $k \neq 0$ ) (2), $m$ $(J'_m, e_1, e_{m+1})$ ( $k=0$ のとき)



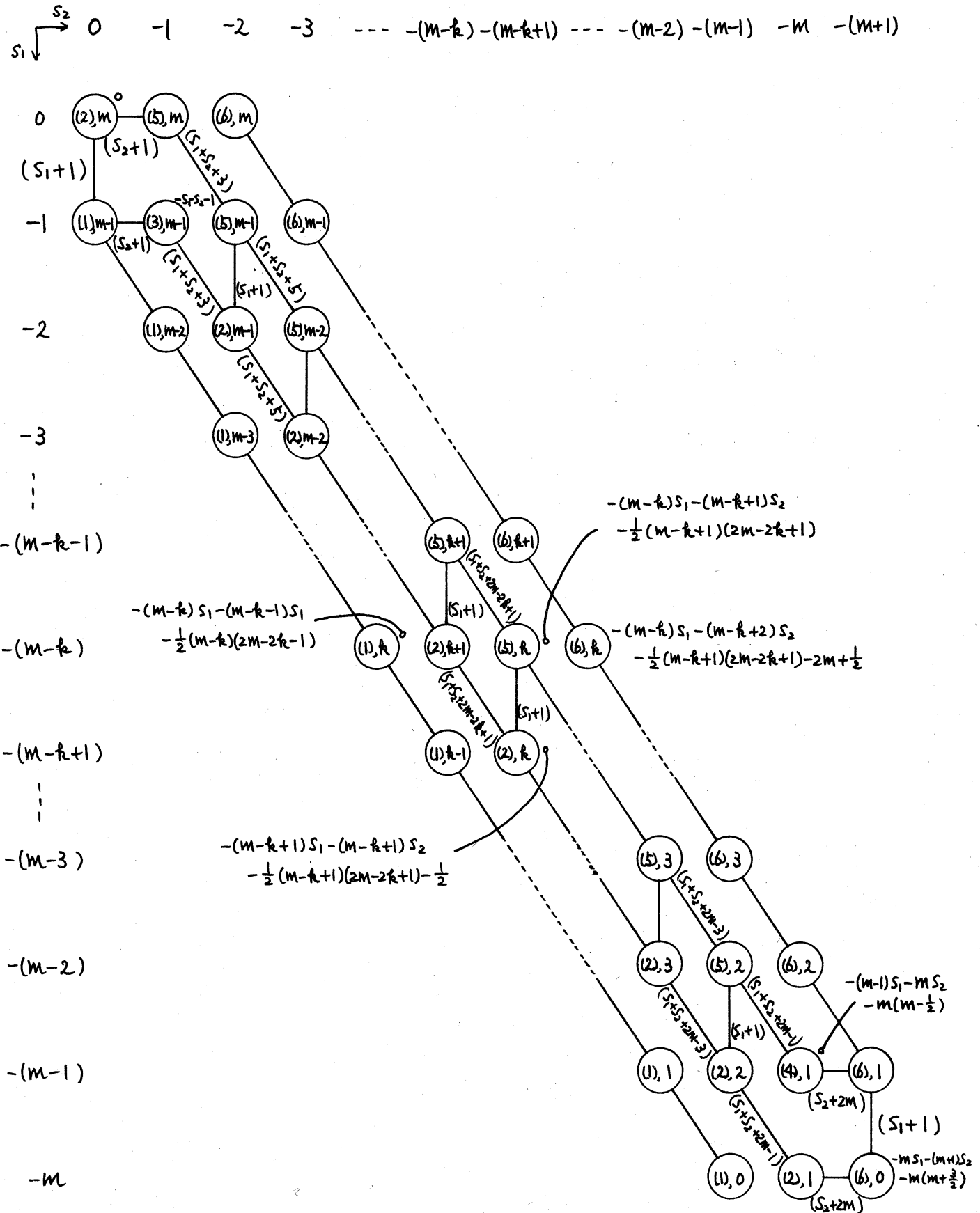


図 6.  $(GL(1)^3 \times SL(2m), \Lambda_2 + \Lambda_1 + \Lambda_1, V(m(2m+1)) \oplus V(2m) \oplus V(2m)) (m \geq 3)$  のホウロク  $\cong$  図 4 形

(7),  $k$   $(J'_k, e_1, e_{2m}) \quad (1 \leq k \leq m-1)$

(8),  $k$   $(J'_k, e_{2m}, e_1) \quad (1 \leq k \leq m-1)$

(9),  $k$   $(J'_k, e_1, 0) \quad (1 \leq k \leq m-1)$

(10),  $k$   $(J'_k, 0, e_1) \quad (1 \leq k \leq m-1)$

(11),  $k$   $(J'_k, e_{2m}, e_{2m}) \quad (0 \leq k \leq m)$

(12),  $k$   $(J'_k, e_{2m}, 0) \quad (0 \leq k \leq m)$

(13),  $k$   $(J'_k, 0, e_{2m}) \quad (0 \leq k \leq m)$

$m \geq 3$  のときのホロムニオン図形は図6のようになる。ただし  $(l), k$  は軌道  $(l), k$  の conormal bundle を表わす。おつてお関数は,  $\chi = \chi_1^{n_1} \cdot \chi_2^{n_2} \quad (n_i > 0)$  に対して

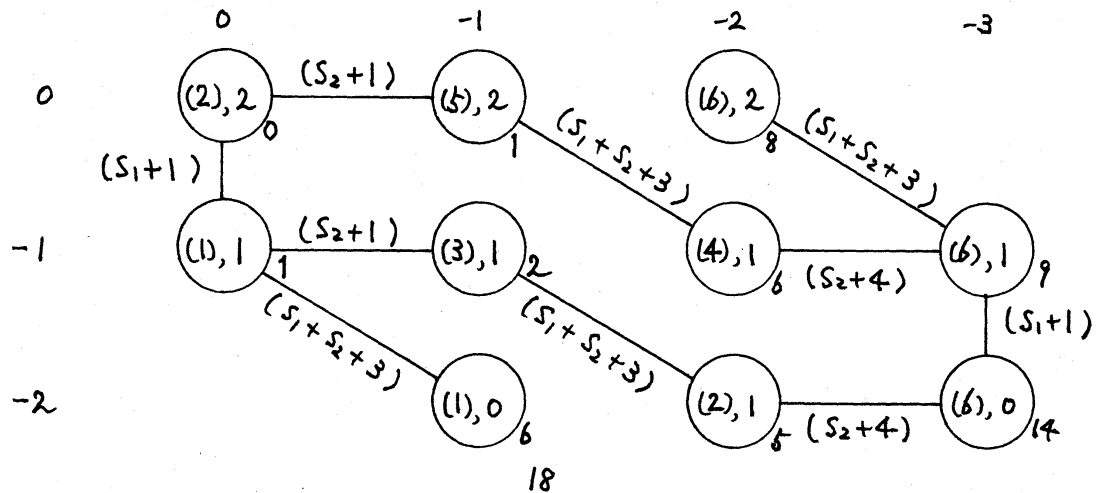
$$\begin{aligned} \chi(S_1, S_2) = & [S_1+1]_{n_1} \times \prod_{k=2}^{m-1} [S_1+S_2+2k-1]_{n_1+n_2} \times [S_1+S_2+2m-1]_{n_1+n_2} \\ & \times [S_2+1]_{n_2} \cdot [S_2+2m]_{n_2} \end{aligned}$$

で与えられた。

$m = 2$  のときのホロムニオン図形は図7のようになる。したがってお関数は,  $\chi = \chi_1^{n_1} \cdot \chi_2^{n_2} \quad (n_i > 0)$  に対して

$$\chi(S_1, S_2) = [S_1+1]_{n_1} \cdot [S_1+S_2+3]_{n_1+n_2} \cdot [S_2+1]_{n_2} \cdot [S_2+4]_{n_2}$$

である。図7.  $(GL(3) \times SL(4), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1, V(6) \oplus V(4) \oplus V(4))$  のホロムニオン図形。



$$(7) \quad (\mathrm{GL}(1)^3 \times \mathrm{SL}(2m), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1^* \oplus \Lambda_1^*, V(m(2m-1)) \oplus V(2m)^* \oplus V(2m)^*).$$

$V = \{ \tilde{x} = (X, y, z); {}^t X = -X \in M(2m), y, z \in \mathbb{C}^{2m} \}$  上, 作用は  
 $e(f) \tilde{x} = (\alpha A X {}^t A, \beta {}^t A^{-1} y, \gamma {}^t A^{-1} z)$  for  $f = (\alpha, \beta, \gamma; A) \in \mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{SL}(2m)$ ,  
 $\tilde{x} = (X, y, z) \in V$  上である。基本的相対不変式は  $f_1(\tilde{x}) = Pf(X)$ ,  
 $f_2(\tilde{x}) = {}^t y X z$  for  $\tilde{x} = (X, y, z) \in V$  上とえられた ([2] の § 3. A の (7)).  
 また  $\tau \delta \chi_1(\bar{A}) = m\alpha, \delta \chi_2(\bar{A}) = \alpha + \beta + \gamma$  for  $\bar{A} = (\alpha, \beta, \gamma; A) \in$   
 $\mathrm{GL}(1)^3 \oplus \mathfrak{sl}(2m)$  上である。

$(\mathrm{GL}(1)^3 \times \mathrm{SL}(2m), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1^* \oplus \Lambda_1^*)$  は次の  $13m-3$  個の軌道を持つ  
 (Prop. 6 (II) in [7]).

代表点	codim.	dual orbit
(1), $k$ $(J'_k, e_1, e_{k+1})$ ( $1 \leq k \leq m$ )	$(m-k)(2m-2k-1)$	$(6)_{m-k} (J'_{m-k}, 0, 0)$
(2), $k$ $(J'_k, e_1, e_2)$ ( $2 \leq k \leq m$ )	$(m-k)(2m-2k-1)+1$	$(5)_{m-k+1} (J'_{m-k+1}, e_{2m}, e_{2m-1})$
(3), $k$ $(J'_k, e_1, e_1 + e_{2m})$ ( $1 \leq k \leq m-1$ )	$(m-k)(2m-2k-1)+2k-1$	$(4)_{m-k} (J'_{m-k}, e_{2m}, e_{2m})$
(4), $k$ $(J'_k, e_{2m}, e_{2m})$ ( $1 \leq k \leq m-1$ )	$(m-k)(2m-2k-1)+2m+2k-1$	$(3)_{m-k} (J'_{m-k}, e_1, e_1 + e_{2m})$
(5), $k$ $(J'_k, e_{2m}, e_{2m-1})$ ( $0 \leq k \leq m-1$ )	$(m-k)(2m-2k-1)+4k$	$\left\{ \begin{array}{l} (2)_{m-k+1} (J'_{m-k+1}, e_1, e_2) (k \neq 0) \\ (6)_{m-k} (J'_{m-k}, 0, 0) (k=0 \text{ のとき}) \end{array} \right.$
(6), $k$ $(J'_k, 0, 0)$	$(m-k)(2m-2k-1)+4m$	$\left\{ \begin{array}{l} (1)_{m-k} (J'_{m-k}, e_1, e_{m-k+1}) (k \neq m) \\ (5)_0 (J'_0, e_{2m}, e_{2m-1}) (k=m \text{ のとき}) \end{array} \right.$
(7), $k$ $(J'_k, e_{2m}, e_1)$ ( $1 \leq k \leq m-1$ )		
(8), $k$ $(J'_k, e_1, e_{2m})$ ( $1 \leq k \leq m-1$ )		
(9), $k$ $(J'_k, e_{2m}, 0)$ ( $1 \leq k \leq m-1$ )		
(10), $k$ $(J'_k, 0, e_{2m})$ ( $1 \leq k \leq m-1$ )		

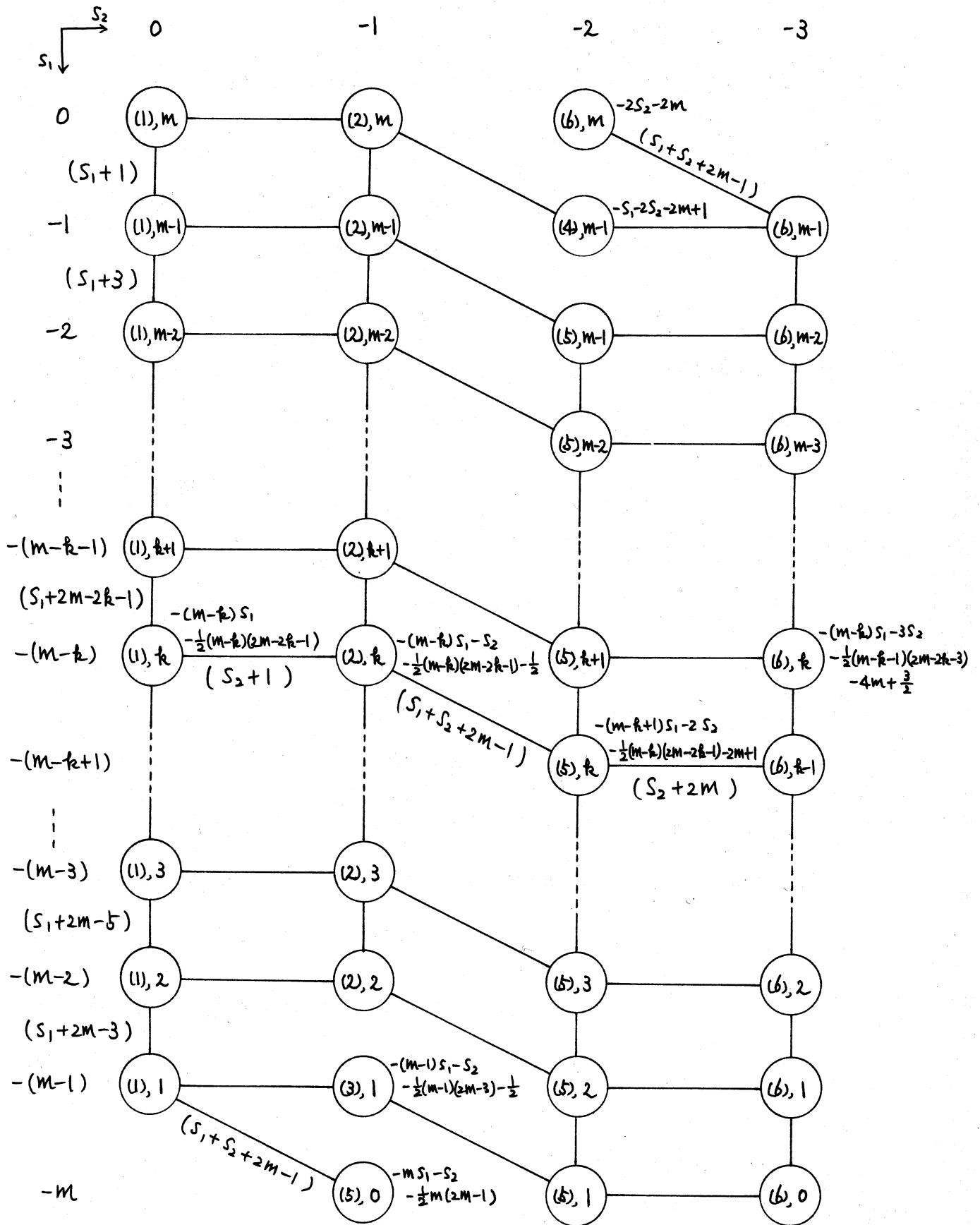


図 8.  $(GL(1)^3 \times SL(2m), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1^* \oplus \Lambda_1^*, V(m(2m+1)) \oplus V(2m)^* \oplus V(2m)^*)$  ( $m \geq 3$ ) のホロミニ-図形

(1),  $k (J'_k, e_1, e_1) (0 \leq k \leq m)$

(2),  $k (J'_k, e_1, 0) (0 \leq k \leq m)$

(3),  $k (J'_k, 0, e_1) (0 \leq k \leq m)$

$m \geq 3$  のときのホロミニ-図形は図8のようになる。ただし  $(i, k)$  は軌道  $(i, k)$  の conormal bundle を表わす。よって  $k$ -関数は

は、 $\chi = \chi_1^{m_1} \cdot \chi_2^{m_2} (m_i > 0)$  に対して

$$\begin{aligned} \chi(S_1, S_2) = & [S_1+1]_{n_1} \times \prod_{k=2}^{m-1} [S_1+2k-1]_{n_1} \times [S_1+S_2+2m-1]_{n_1+n_2} \\ & \times [S_2+1]_{n_2} \cdot [S_2+2m]_{n_2} \end{aligned}$$

で与えられる。

$m = 2$  のときのホロミニ-図形は図9のようになる。したがって  $k$ -関数は、 $\chi = \chi_1^{m_1} \cdot \chi_2^{m_2} (m_i > 0)$  に対して

$$\chi(S_1, S_2) = [S_1+1]_{n_1} \cdot [S_1+S_2+3]_{n_1+n_2} \cdot [S_2+1]_{n_2} \cdot [S_2+4]_{n_2}$$

である。

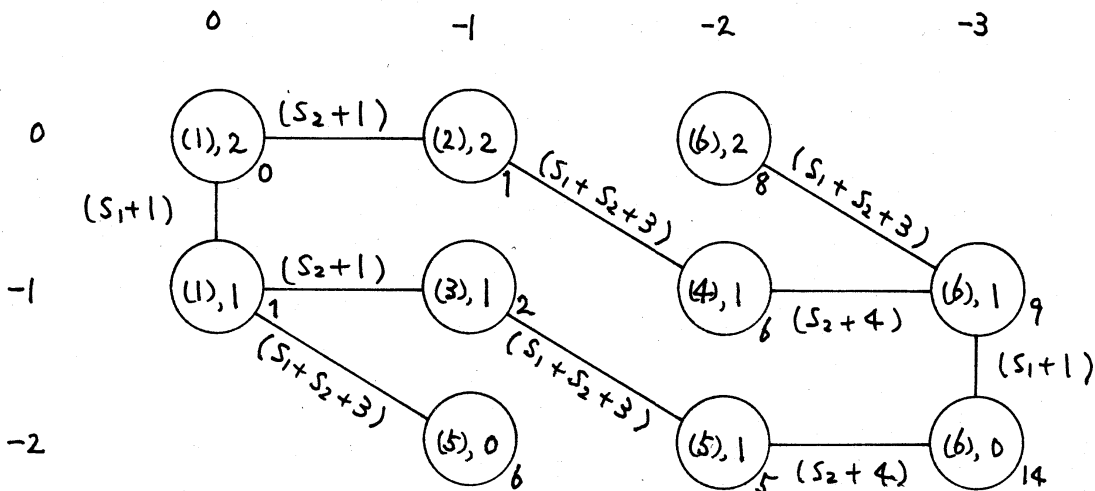


図9  $(\mathbb{C}U)^3 \times SL(4), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1^* \oplus \Lambda_1^*, V(6) \oplus V(4)^* \oplus V(4)$  のホロミニ-図形

(8)  $(\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{SL}(m), 2\lambda_1 \oplus \lambda_1, V(\frac{1}{2}m(m+1)) \oplus V(m))$ .

$V = \{ \tilde{x} = \begin{bmatrix} X & y \\ \dagger y & 0 \end{bmatrix}; \dagger X = X \in M(m), y \in \mathbb{C}^m \}$  とし,  $G = \{ g = \begin{bmatrix} \sqrt{\alpha} A & 0 \\ 0 & \frac{\beta}{\sqrt{\alpha}} \end{bmatrix}; (\alpha, \beta; A) \in \mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{SL}(m) \}$  とおくととき, 作用は  $\rho(g)\tilde{x} = g\tilde{x}g^\dagger = \begin{bmatrix} \alpha AX^\dagger A & \beta Ay \\ \beta \dagger y^\dagger A & 0 \end{bmatrix}$  for  $g \in G, \tilde{x} \in V$  である。基本的相対不変式は  $f_1(\tilde{x}) = \det X, f_2(\tilde{x}) = \det \tilde{x}$  for  $\tilde{x} \in V$  で与えられる ([2] の §3. A の (11))。したがって  $\delta\chi_1(A) = m\alpha, \delta\chi_2(A) = (m-1)\alpha + 2\beta$  for  $\tilde{A} = (\alpha, \beta; A) \in \mathfrak{gl}(1)^2 \oplus \mathfrak{sl}(m)$  である。

$(\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{SL}(m), 2\lambda_1 \oplus \lambda_1)$  は次の  $4m$  個の軌道を持つ (cf. Prop. 3.1 in [6])。ここに  $I'_k = \begin{pmatrix} I_k & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \in M(m)$ 。

代表点	codim.	dual orbit
(1), $k$ $(I'_k, e_m)$ $(0 \leq k \leq m)$	$\frac{1}{2}(m-k)(m-k+1)$	(4), $m-k$ $(I'_{m-k}, 0)$
(2), $k$ $(I'_k, e_1)$ $(1 \leq k \leq m-1)$	$\frac{1}{2}(m-k)(m-k+1) + (m-k)$	(3), $m-k+1$ $(I'_{m-k+1}, e_1 + \sqrt{-1}e_2)$
(3), $k$ $(I'_k, e_1 + \sqrt{-1}e_2)$ $(2 \leq k \leq m)$	$\frac{1}{2}(m-k)(m-k+1) + (m-k+1)$	(2), $m-k+1$ $(I'_{m-k+1}, e_1)$
(4), $k$ $(I'_k, 0)$ $(0 \leq k \leq m)$	$\frac{1}{2}(m-k)(m-k+1) + m$	(1), $m-k$ $(I'_{m-k}, e_m)$

$m \geq 3$  のときホロ)  $\cong$  一図形は図 10 のようになる。ただし (ii),  $k$  は軌道 (L),  $k$  の conormal bundle を表す。よって  $k$ -関数は

$$\begin{aligned} b_X(S_1, S_2) &= [S_1 + 1]_{m_1} \times \prod_{k=3}^m [S_1 + S_2 + \frac{k}{2}]_{m_1 + m_2} \times [S_1 + S_2 + \frac{m+1}{2}]_{m_1 + m_2} \\ &\quad \times [S_2 + 1]_{m_2} \cdot [S_2 + \frac{m}{2}]_{m_2} \end{aligned}$$

for  $X = X_1^{m_1} X_2^{m_2}$  ( $m_i > 0$ ) とする。

$m = 2$  のときのホロ)  $\cong$  一図形は図 11 のようになる。(3 つの conormal bundle の交わりは今のところ未確認である)。この

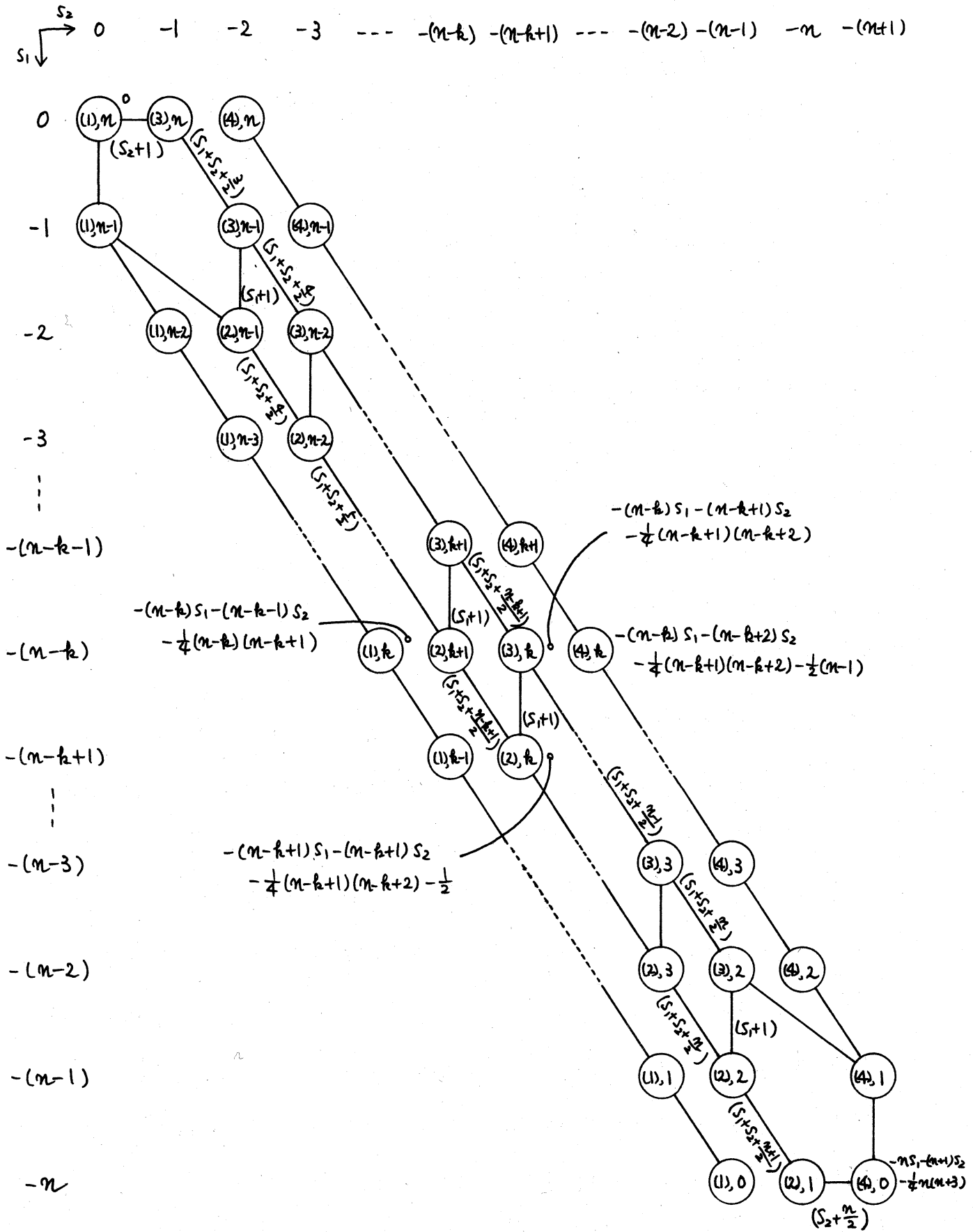


図 10.  $(G/U)^2 \times SL(m), 2\lambda_1 \oplus \lambda_1, V(\frac{1}{2}m(m+1)) \oplus V(m)$  ( $m \geq 3$ ) のホロムニ図形

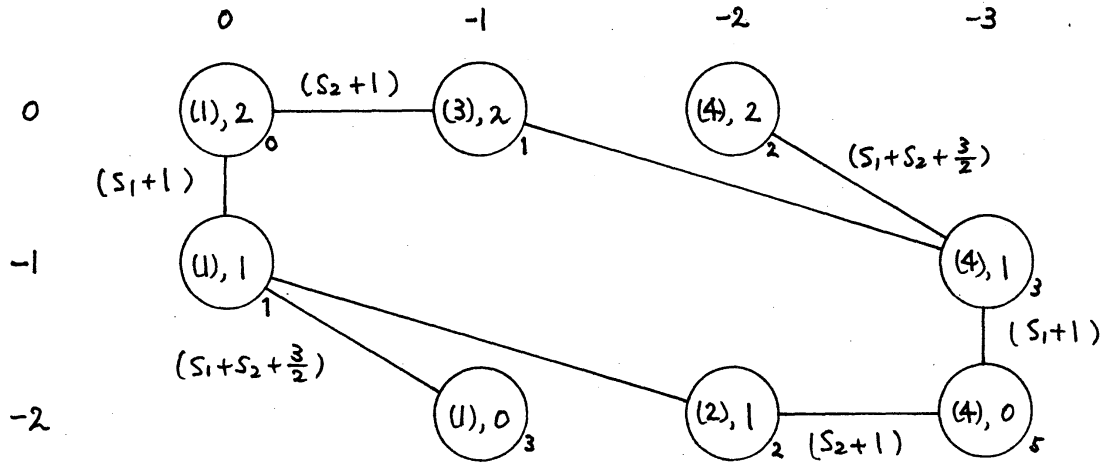


図11  $(GL(1)^2 \times SL(2), 2\Lambda_1 \oplus \Lambda_1, V(3) \oplus V(2))$  のホロミニ-図形

ときは [11] の Chapter 1 を参照)

$$h_X(s_1, s_2) = [s_1+1]_{m_1} \cdot [s_1+s_2+\frac{3}{2}]_{m_1+m_2} \cdot [s_2+1]_{m_2} \cdot [s_2+1]_{m_2}$$

for  $X = X_1^{m_1} X_2^{m_2}$  ( $m_i > 0$ ) であることがわかる。

(9)  $(GL(1)^2 \times SL(m), 2\Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*, V(\frac{1}{2}m(m+1)) \oplus V(m)^*)$ .

表現空間は  $V = \{ \tilde{x} = (X, y); {}^t X = X \in M(m), y \in \mathbb{C}^m \}$  で、作用は  $\rho(g)\tilde{x} = (\alpha A X {}^t A, \beta {}^t A^{-1} y)$  for  $g = (\alpha, \beta; A) \in GL(1)^2 \times SL(m)$ ,  $\tilde{x} = (X, y) \in V$  である。基本的相対不変式は  $f_1(\tilde{x}) = \det X$ ,  $f_2(\tilde{x}) = {}^t y X y$  for  $\tilde{x} = (X, y) \in V$  である ( [2] の § 3. A の (12) )。したがって  $\delta X_1(\tilde{X}) = m\alpha$ ,  $\delta X_2(\tilde{X}) = \alpha + 2\beta$  for  $\tilde{X} = (\alpha, \beta; A) \in \mathfrak{gl}(1)^2 \oplus \mathfrak{sl}(m)$  である。

$(GL(1)^2 \times SL(m), 2\Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*)$  は次の  $4m$  個の軌道を持つ ( Prop. 3.1 in [6] )。  $\therefore \therefore I'_k = \begin{pmatrix} I_k & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \in M(m)$ 。

代表点	codim.	dual orbit
$(1), k \quad (I'_k, e_1) \quad (0 \leq k \leq m)$	$\frac{1}{2}(m-k)(m-k+1)$	$(4), m-k \quad (I'_{m-k}, 0)$
$(2), k \quad (I'_k, e_1 + \sqrt{1}e_2) \quad (2 \leq k \leq m)$	$\frac{1}{2}(m-k)(m-k+1) + 1$	$(3), m-k+1 \quad (I'_{m-k+1}, e_m)$
$(3), k \quad (I'_k, e_m) \quad (1 \leq k \leq m-1)$	$\frac{1}{2}(m-k)(m-k+1) + k$	$(2), m-k+1 \quad (I'_{m-k+1}, e_1 + \sqrt{1}e_2)$
$(4), k \quad (I'_k, 0) \quad (0 \leq k \leq m)$	$\frac{1}{2}(m-k)(m-k+1) + m$	$(1), m-k \quad (I'_{m-k}, e_1)$



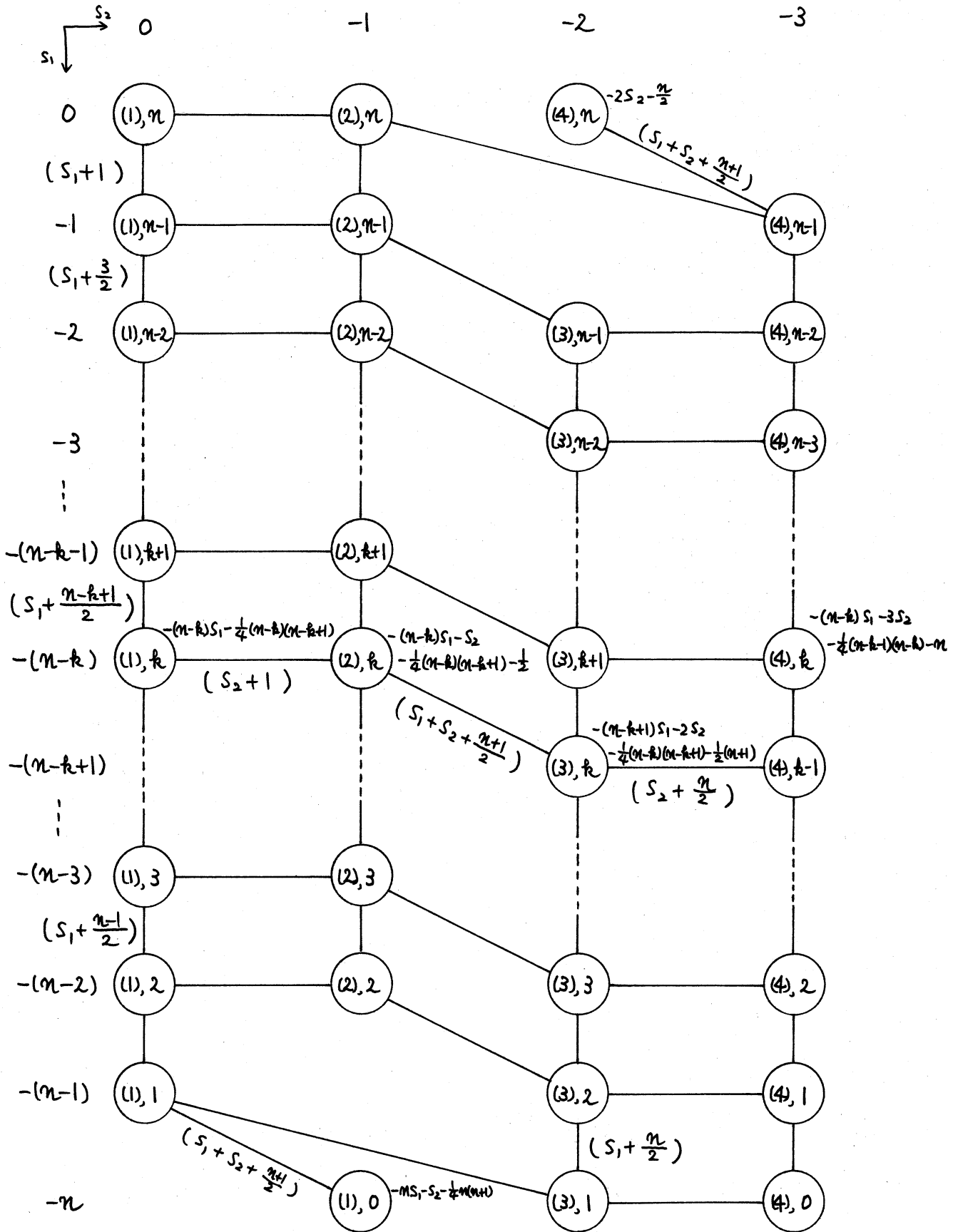


図 12  $(GL(1) \times SL(n), 2\Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*, V(\frac{1}{2}n(n+1)) \oplus V(n)^*)$  ( $n \geq 3$ ) のホロミニ-図形

$n \geq 3$  のとき, ホロ)ミ-図形は図12のようになる。ただし  $(l, k)$  は軌道  $(l, k)$  の conormal bundle を表わす。よって関数は

$$h_X(S_1, S_2) = [S_1+1]_{n_1} \times \prod_{k=3}^n [S_1 + \frac{k}{2}]_{n_1} \times [S_1+S_2 + \frac{n+1}{2}]_{n_1+n_2} \\ \times [S_2+1]_{n_2} \cdot [S_2 + \frac{n}{2}]_{n_2}$$

for  $X = \chi_1^{n_1} \chi_2^{n_2}$  ( $n_i > 0$ ) とする。

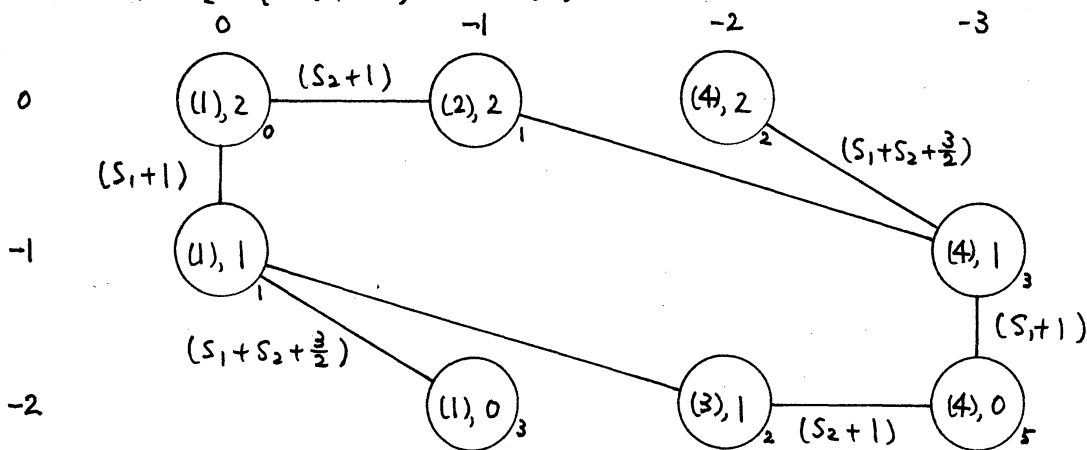


図13 ( $GL(1)^2 \times SL(2)$ ,  $2\lambda_1 \oplus \lambda_1^*$ ,  $V(3) \oplus V(2)^*$ ) のホロ)ミ-図形

$n = 2$  のときのホロ)ミ-図形は図13のようになる (3つの conormal bundle の交わりは今のところ調べてない)。このときは [11] の Chap. 1 より

$$h_X(S_1, S_2) = [S_1+1]_{n_1} \cdot [S_1+S_2 + \frac{3}{2}]_{n_1+n_2} \cdot [S_2+1]_{n_2} [S_2+1]_{n_2}$$

for  $X = \chi_1^{n_1} \chi_2^{n_2}$  ( $n_i > 0$ ) である。

(10) ( $GL(1)^2 \times SL(7)$ ,  $\Lambda_3 \oplus \Lambda_1$ ,  $V(35) \oplus V(7)$ ).

表現空間は  $V = \{ \tilde{\alpha} = (\alpha, \gamma); \alpha = \sum_{1 \leq i < j < k \leq 7} \alpha_{ijk} e_i \wedge e_j \wedge e_k \in \wedge^3 \mathbb{C}^7, \gamma \in \mathbb{C}^7 \}$  で、作用は  $e(\mathfrak{g}) \tilde{\alpha} = (\alpha e_3(A)\alpha, \beta A \gamma)$  for  $\mathfrak{g} = (\alpha, \beta; A) \in GL(1)^2 \times SL(7)$ ,  $\tilde{\alpha} = (\alpha, \gamma) \in V$  である。ここに  $e_3(A)\alpha = \sum \alpha_{ijk} (Ae_i) \wedge (Ae_j) \wedge (Ae_k)$ .

$\frac{\partial}{\partial e_l} \in \frac{\partial}{\partial e_l} (e_i \wedge e_j \wedge e_k) = \delta_{il} e_j \wedge e_k$  for  $j, k \neq l$  で定める。3 次の同次多項式  $\phi_{ij}(x) \in \phi_{ij}(x) e_1 \wedge \dots \wedge e_7 = x \wedge \frac{\partial x}{\partial e_i} \wedge \frac{\partial x}{\partial e_j}$  ( $i, j = 1, \dots, 7$ ) で定義し,  $7 \times 7$  対称行列  $\phi(x) \in \phi(x) = (\phi_{ij}(x))$  で定める。このとき  $\phi(\rho_3(A)x) = (\det A) \cdot A \phi(x) {}^t A$  for  $A \in \text{GL}(7)$  が成り立つ。次に, 4 次の同次多項式  $\phi_{ij}^*(x) \in \phi_{ij}^*(x) = \sum_{s,t=1}^7 f_{it}^s(x) f_{sj}^t(x)$  で定義する。ここに 2 次形式  $f_{jk}^i(x)$  は  $f_{jk}^i(x) e_1 \wedge \dots \wedge e_7 = x \wedge \frac{\partial x}{\partial e_i} \wedge e_j \wedge e_k$  ( $i, j, k = 1, \dots, 7$ ) で定める。  $7 \times 7$  対称行列  $\phi^*(x) \in \phi^*(x) = (\phi_{ij}^*(x))$  で定める。このとき  $\phi^*(\rho_3(A)x) = (\det A)^2 \cdot {}^t A^{-1} \phi^*(x) A^{-1}$  for  $A \in \text{GL}(7)$  が成り立つ。このとき  $f(x) = {}^t \phi(x) \phi^*(x)$  は  $(\text{GL}(7), \Lambda_3, V(35))$  の 7 次の相対不変式である。(以上について [3] の Remark 4.4 を見よ。)

$(\text{GL}(1)^2 \times \text{SL}(7), \Lambda_3 \oplus \Lambda_1)$  の基本的相対不変式は  $f_1(x) = {}^t \phi(x) \phi^*(x)$ ,  $f_2(\tilde{x}) = {}^t \gamma \phi^*(x) \gamma$  for  $\tilde{x} = (x, \gamma) \in V$  で与えられる ([2] の § 3. A の (13)).  
 したがって  $\delta \chi_1(\tilde{A}) = 7\alpha$ ,  $\delta \chi_2(\tilde{A}) = 4\alpha + 2\beta$  for  $\tilde{A} = (\alpha, \beta; A) \in \text{gl}(1)^2 \oplus \mathfrak{sl}(7)$  である。

$\alpha_0 = 234 + 567 + 1 \cdot (25 + 36 + 47)$ ,  $\alpha_1 = 235 + 346 + 1 \cdot (27 - 45)$ ,  
 $\alpha_4 = 134 + 256 + 127$ ,  $\alpha_7 = 234 + 1 \cdot (25 + 36 + 47)$ ,  $\alpha_9 = 123 + 456$ ,  
 $\alpha_{10} = 126 - 135 + 234$ ,  $\alpha_{14} = 1 \cdot (25 + 36 + 47)$ ,  $\alpha_{15} = 1 \cdot (24 + 35)$ ,  
 $\alpha_{22} = 123$ ,  $\alpha_{35} = 0$  とおく。ここに  $i, j, k$  は  $e_i \wedge e_j \wedge e_k$  を表わす。  
 このとき,  $(\text{GL}(1)^2 \times \text{SL}(7), \Lambda_3 \oplus \Lambda_1)$  は次の 38 個の軌道を持つ (Prop. 3.3 in [6]).

	代表点	codim.		代表点	codim.
(1)	$(x_0, e_1)$	0	(38)	$(x_{35}, 0)$	42
(2)	$(x_0, e_2)$	1	(35)	$(x_{22}, e_1)$	26
(3)	$(x_1, e_5)$	1	(36)	$(x_{22}, 0)$	29
(4)	$(x_1, e_6)$	2	(32)	$(x_{15}, e_1)$	21
(5)	$(x_1, e_1 + e_4)$	4	(24)	$(x_{10}, e_1)$	14
(6)	$(x_4, e_7)$	4	(33)	$(x_{15}, 0)$	22
(7)	$(x_1, e_1)$	5	(29)	$(x_{15}, e_2)$	17
(8)	$(x_4, e_3 + e_5)$	5	(21)	$(x_7, e_1)$	13
(9)	$(x_0, 0)$	7	(37)	$(x_{35}, e_1)$	35
(10)	$(x_4, e_3)$	7	(22)	$(x_9, e_1)$	13
(11)	$(x_7, e_5)$	7	(28)	$(x_{10}, 0)$	17
(12)	$(x_1, 0)$	8	(34)	$(x_{22}, e_4)$	22
(13)	$(x_4, e_1 + e_2)$	9	(16)	$(x_7, e_2)$	10
(14)	$(x_9, e_7)$	9	(31)	$(x_4, 0)$	21
(15)	$(x_4, e_1)$	10	(19)	$(x_{10}, e_4)$	11
(17)	$(x_9, e_1 + e_4)$	10	(30)	$(x_{14}, e_1)$	20
(18)	$(x_{10}, e_7)$	10	(23)	$(x_7, 0)$	14
(20)	$(x_4, 0)$	11	(26)	$(x_{15}, e_6)$	15
(25)	$(x_{14}, e_2)$	14	(27)	$(x_9, 0)$	16

上では dual orbits を横に并べておいてある。

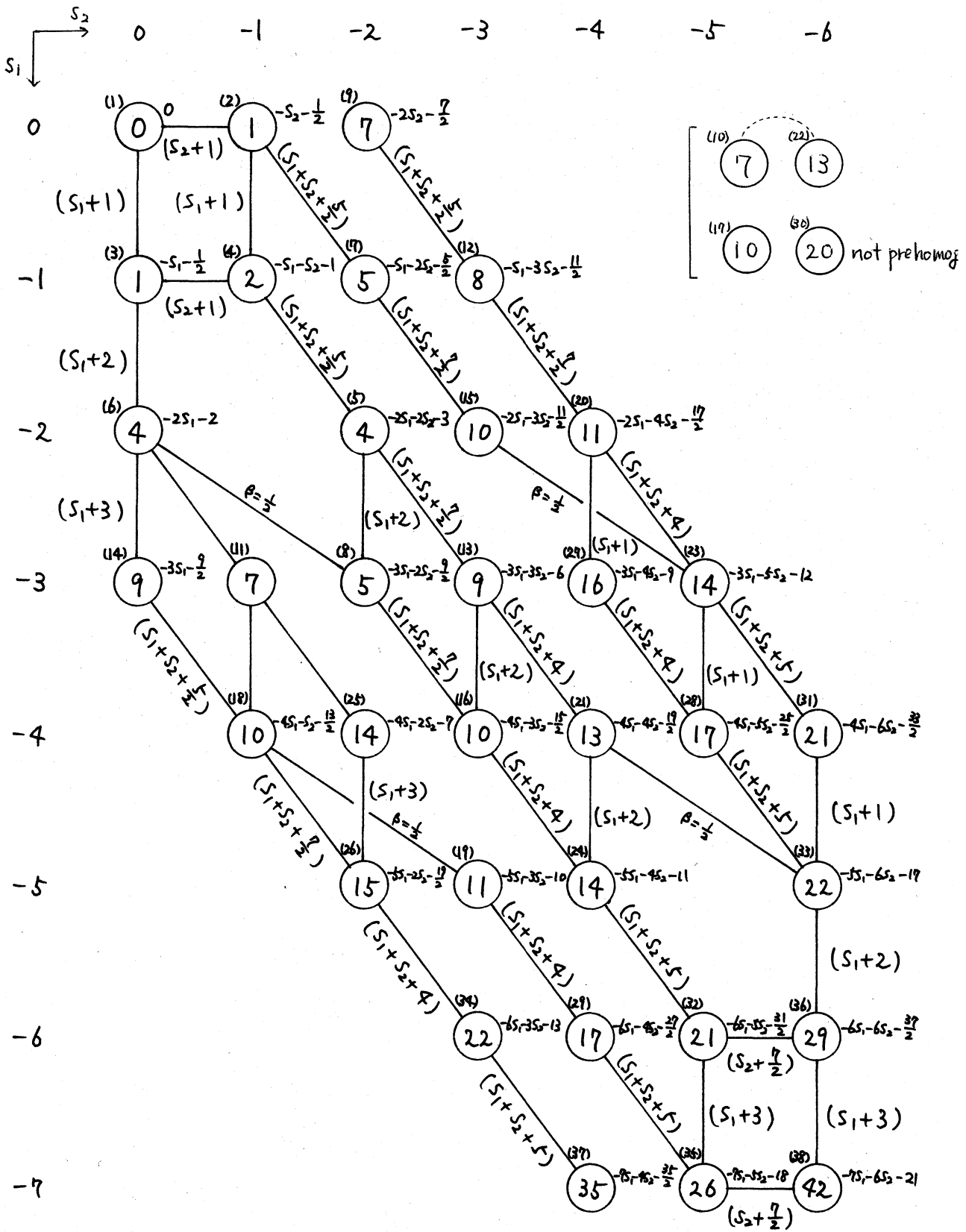


図 14  $(GL(1)^2 \times SL(7), \Lambda_3 + \Lambda_1, V(35) + V(7))$  のホロミニ-図形

ホロ)  $\cong$  一図形は図14のようになる。ただし  $\overset{(i)}{\circ} j$  は余次元  $j$  の軌道  $(i)$  の conormal bundle を表わす。よって  $t$ -関数は

$$h_X(S_1, S_2) = [S_1+1]_{n_1} [S_1+\frac{4}{2}]_{n_1} [S_1+S_2+\frac{5}{2}]_{n_1+n_2} [S_1+\frac{6}{2}]_{n_1} [S_1+S_2+\frac{7}{2}]_{n_1+n_2} \\ \times [S_1+S_2+\frac{8}{2}]_{n_1+n_2} [S_1+S_2+5]_{n_1+n_2} [S_2+1]_{n_2} [S_2+\frac{7}{2}]_{n_2}$$

for  $X = X_1^{n_1} X_2^{n_2}$  ( $n_i > 0$ ) とする。

(11)  $(GL(1)^2 \times SL(7), \Lambda_3 \oplus \Lambda_1^*, V(35) \oplus V(7)^*)$ .

表現空間は  $V = \{ \tilde{x} = (x, y); x \in \Lambda^3 \mathbb{C}^7, y \in \mathbb{C}^7 \}$  で、作用は  $\rho(\beta) \tilde{x} = (\alpha \rho_3(A)x, \beta^t A^{-1}y)$  for  $\beta = (\alpha, \beta; A) \in GL(1)^2 \times SL(7)$ ,  $\tilde{x} = (x, y) \in V$  である。基本的相対不変式は  $f_1(\tilde{x}) = \text{tr} \phi(x) \phi^*(x)$ ,  $f_2(\tilde{x}) = \text{tr} y \phi(x) \beta$  for  $\tilde{x} = (x, y) \in V$  で与えらる ([2] の §3. A の (14))。したがって  $\delta X_1(\tilde{A}) = 7\alpha$ ,  $\delta X_2(\tilde{A}) = 3\alpha + 2\beta$  for  $\tilde{A} = (\alpha, \beta; A) \in \mathfrak{gl}(1)^2 \oplus \mathfrak{sl}(7)$  である。

$(GL(1)^2 \times SL(7), \Lambda_3 \oplus \Lambda_1^*)$  は次の 38 個の軌道を持つ (cf. Prop. 3.3 in [6])。ただし  $\alpha_i$  は (10) の軌道分解で用いたものと同じ。

代表点	codim.	代表点	codim.
(1) $(\alpha_0, e_1)$	0	(38) $(\alpha_{35}, 0)$	42
(2) $(\alpha_0, e_2)$	1	(35) $(\alpha_{22}, e_4)$	25
(3) $(\alpha_1, e_1 + e_4)$	1	(36) $(\alpha_{22}, 0)$	29
(4) $(\alpha_1, e_1)$	2	(31) $(\alpha_{15}, e_6)$	20
(5) $(\alpha_4, e_1 + e_2)$	4	(33) $(\alpha_{15}, 0)$	22
(6) $(\alpha_1, e_5)$	5	(21) $(\alpha_{10}, e_4)$	13
(7) $(\alpha_4, e_1)$	5	(28) $(\alpha_{10}, e_7)$	16

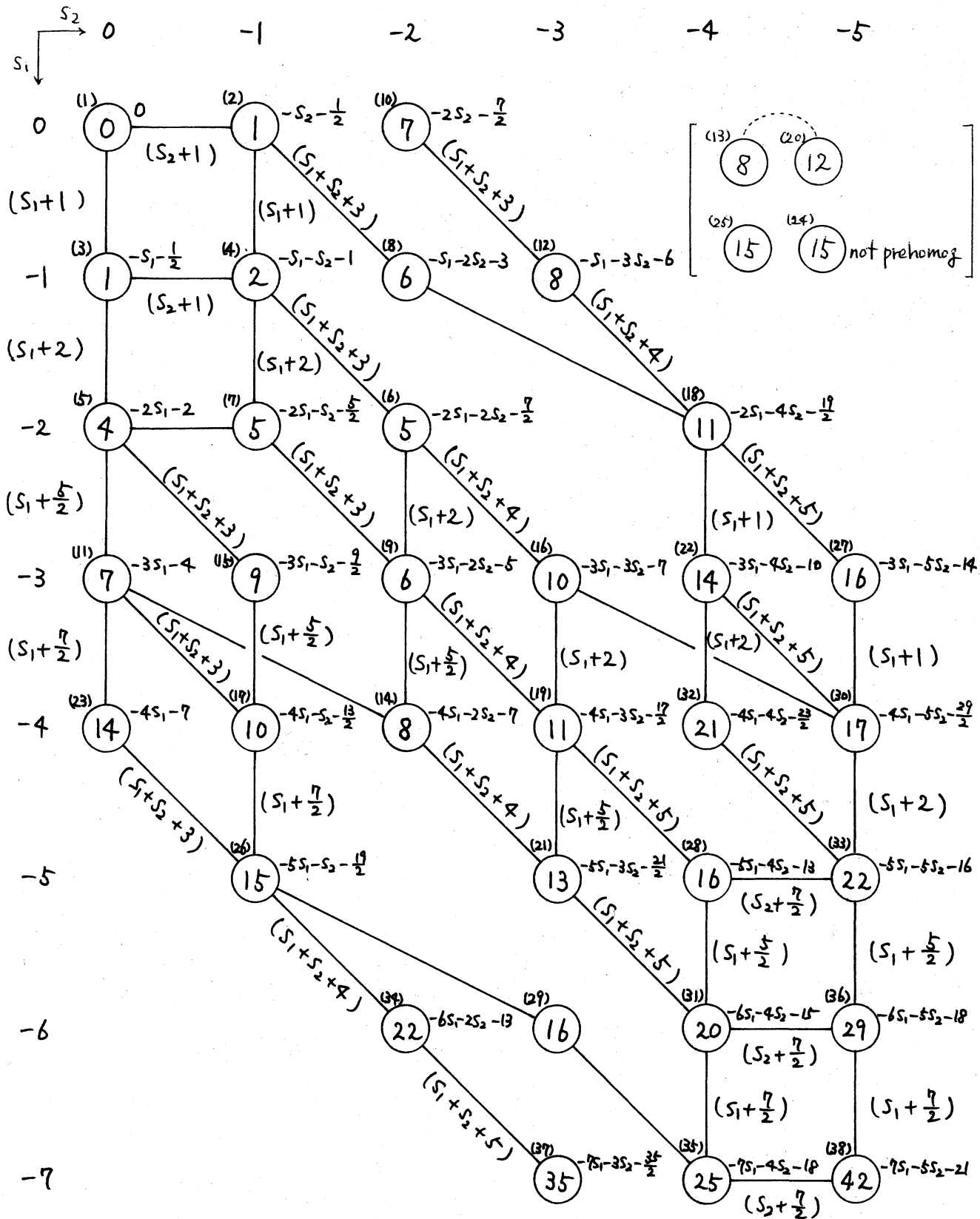


図 15  $(\text{GL}(U)^2 \times \text{SL}(7), \Lambda_3 \oplus \Lambda_1^*, V(35) \oplus V(7)^*)$  のホロ)  $\cong$  一図形

(8)	$(x_1, e_6)$	6	(29)	$(x_{15}, e_2)$	16
(9)	$(x_4, e_3 + e_5)$	6	(19)	$(x_7, e_5)$	11
(10)	$(x_0, 0)$	7	(37)	$(x_{35}, e_1)$	35
(11)	$(x_7, e_1)$	7	(30)	$(x_{10}, 0)$	17
(12)	$(x_1, 0)$	8	(34)	$(x_{22}, e_1)$	22
(13)	$(x_4, e_3)$	8	(20)	$(x_9, e_1)$	12
(14)	$(x_7, e_2)$	8	(16)	$(x_4, e_7)$	10
(15)	$(x_9, e_1 + e_4)$	9	(32)	$(x_{14}, 0)$	21
(17)	$(x_{10}, e_1)$	10	(22)	$(x_7, 0)$	14
(18)	$(x_4, 0)$	11	(26)	$(x_{15}, e_1)$	15
(23)	$(x_{14}, e_1)$	14	(27)	$(x_9, 0)$	16
(24)	$(x_9, e_7)$	15	(25)	$(x_{14}, e_2)$	15

上では dual orbits を横にならべて書いてある。

ホロ)  $\equiv$  図形は図15のようになる。ただし  $\textcircled{b}$  は余次元  $j$  の軌道  $(b)$  の conormal bundle を表わす。よって  $\delta$ -関数は

$$h_X(S_1, S_2) = [S_1 + 1]_{n_1} \cdot [S_1 + \frac{4}{2}]_{n_1} \cdot [S_1 + \frac{5}{2}]_{n_1} \cdot [S_1 + S_2 + \frac{6}{2}]_{n_1 + n_2} \cdot [S_1 + \frac{7}{2}]_{n_1} \\ \times [S_1 + S_2 + \frac{8}{2}]_{n_1 + n_2} \cdot [S_1 + S_2 + 5]_{n_1 + n_2} \cdot [S_2 + 1]_{n_2} \cdot [S_2 + \frac{7}{2}]_{n_2}$$

for  $X = X_1^{n_1} X_2^{n_2}$  ( $n_i > 0$ ) とする。

$$(12) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{Sp}(3), \Lambda_3 \oplus \Lambda_1, V(14) \oplus V(6)).$$

$(\mathrm{GL}(6), \Lambda_3, V(20))$  を  $\mathrm{Sp}(3) (\subset \mathrm{GL}(6))$  に制限すると,  $V(20) = V(14) \oplus V(6)$  と分解し, この  $V(14)$  が  $(\mathrm{Sp}(3), \Lambda_3)$  の表現空間である。  $\chi =$



$\sum_{1 \leq i < j < k \leq 6} x_{ijk} e_i \wedge e_j \wedge e_k \in V(20) = \Lambda^3 \mathbb{C}^6$  が  $V(14)$  に属するための必要十分条件は  $x_{i14} + x_{i25} + x_{i36} = 0$  for  $1 \leq i \leq 6$  である。

$(GL(1) \times Sp(3), \Lambda_1 \otimes \Lambda_3, V(14))$  の 4 次  $\alpha$  相対不変式は  $(GL(6), \Lambda_3, V(20))$  の 4 次  $\alpha$  相対不変式の  $V(14)$  への制限として得られる ([1] の p. 108)。2 次の同次多項式  $\varphi_{ij}(x)$  を  $\varphi_{ij}(x) e_1 \wedge \dots \wedge e_6 = x \wedge \frac{\partial x}{\partial e_i} \wedge e_j$  ( $i, j = 1, \dots, 6$ ) で定義し,  $6 \times 6$  行列  $\varphi(x)$  を  $\varphi(x) = (\varphi_{ij}(x))$  とすると,  $\varphi(\Lambda_3(f)x) = (\det f) \cdot f \varphi(x) f^{-1}$  for  $f \in GL(6)$  が成り立つ。このとき,  $f(x) = \det \varphi(x)^2$  が  $(GL(6), \Lambda_3)$  の 4 次  $\alpha$  相対不変式である。(Remark 4.2 in [3].)

$(GL(1)^2 \times Sp(3), \Lambda_3 \otimes \Lambda_1)$  の基本的相対不変式は  $f_1(x) = \det \varphi(x)^2$ ,  $f_2(x) = \det J \varphi(x) J$  for  $\tilde{x} = (x, y) \in V(14) \otimes \mathbb{C}^6$  で与えられた。こゝに  $J = \begin{pmatrix} 0 & I_3 \\ -I_3 & 0 \end{pmatrix}$ 。( [2] の § 3. A の (21) の  $f_2(\tilde{x})$  は誤りである。) したがって  $\delta x_1(\tilde{A}) = 4\alpha$ ,  $\delta x_2(\tilde{A}) = 2(\alpha + \beta)$  for  $\tilde{A} = (\alpha, \beta; A) \in \mathfrak{sp}(1)^2 \oplus \mathfrak{sp}(3)$  である。

$(GL(1)^2 \times Sp(3), \Lambda_3 \otimes \Lambda_1)$  は次の 19 個の軌道を持つ (Prop. 3.4 in [6]).

こゝに  $i, j, k$  は  $e_i \wedge e_j \wedge e_k$  を表わす。

代表点	codim.	代表点	codim.
(1) $(123+456, e_1+e_4)$	0	(19) $(0, 0)$	20
(2) $(123+456, e_1+e_5)$	1	(16) $(123, e_1)$	10
(3) $(126+(134-235), e_6)$	1	(17) $(123, 0)$	13
(4) $(126+(134-235), e_5)$	2	(14) $((134-235), e_3)$	9
(5) $(123+456, e_1)$	3	(12) $((134-235), e_1)$	7

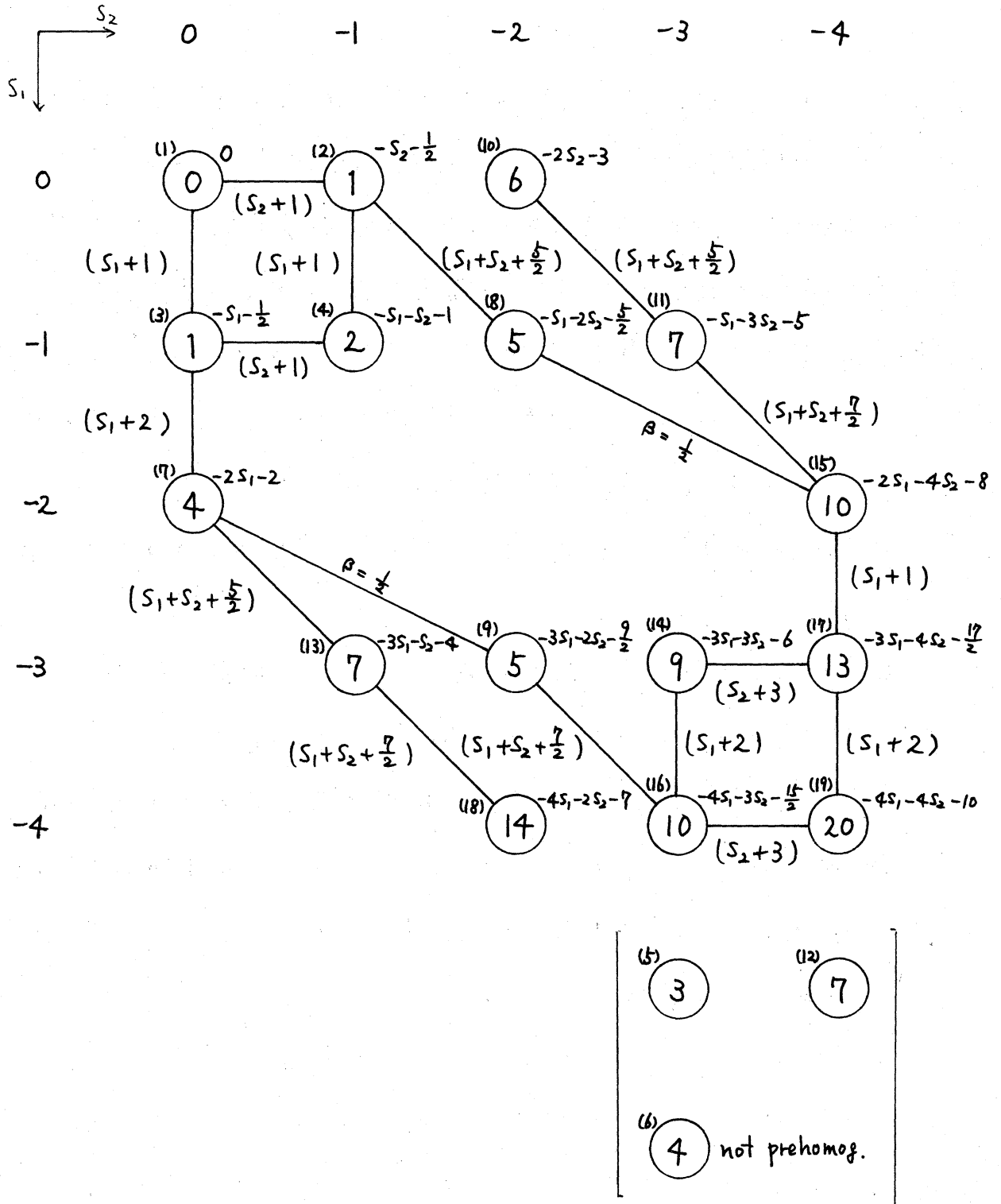
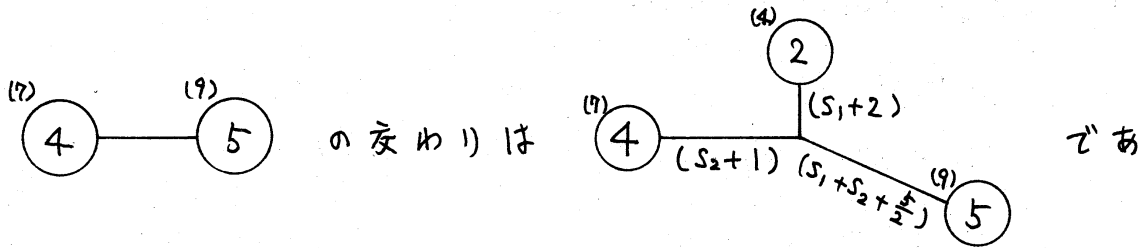


図 16  $(GL(1)^2 \times Sp(3), \lambda_3 + \lambda_1, V(14) \oplus V(6))$  のホ、口)  $\cong$  - 図 16 形

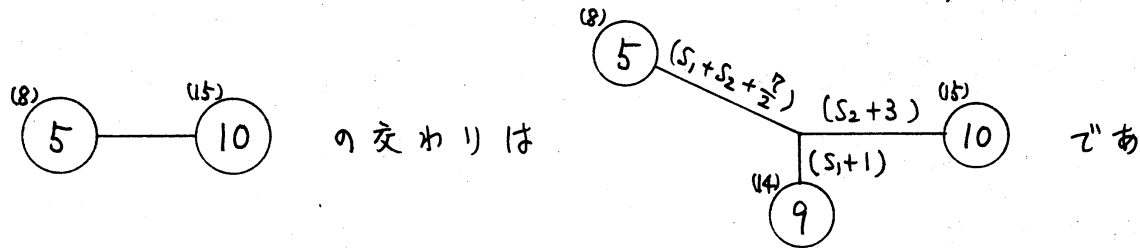
- |                            |   |                            |    |
|----------------------------|---|----------------------------|----|
| (6) $(126+(134-235), e_3)$ | 4 | (not prehomog.)            |    |
| (7) $((134-235), e_6)$     | 4 | (15) $((134-235), 0)$      | 10 |
| (8) $(126+(134-235), e_1)$ | 5 | (9) $((134-235), e_1+e_2)$ | 5  |
| (10) $(123+456, 0)$        | 6 | (18) $(0, e_1)$            | 14 |
| (11) $(126+(134-235), 0)$  | 7 | (13) $(123, e_4)$          | 7  |

上では dual orbits を横になさすべてかいてある。

ホロミニ-図形は図16のまうになり。ただ  $\vee$   $\textcircled{14}$  は余次元  $\textcircled{9}$  の軌道  $\textcircled{14}$  の conormal bundle を表わす。



こうと予想されるがまだ確認していない。同様に、



こうと予想される。

よって不関数は次のまうに予想される。

$$h_X(S_1, S_2) = [S_1+1]_{m_1} \cdot [S_1+2]_{m_1} \cdot [S_1+S_2+\frac{5}{2}]_{m_1+m_2} \cdot [S_1+S_2+\frac{7}{2}]_{m_1+m_2} \\ \times [S_2+1]_{m_2} \cdot [S_2+3]_{m_2}$$

for  $X = X_1^{m_1} X_2^{m_2}$  ( $m_i > 0$ ).

(13)  $(GL(1)^2 \times Spin(10), \text{半スピノ表現} \oplus \text{ベクトル表現}, V(16) \oplus V(10))$ .

基本的相対不変式は  $f_1(\vec{x}) = f(\gamma)$ ,  $f_2(\vec{x}) = \langle \gamma, Q(\alpha) \rangle$  for  $\vec{x} = (\alpha, \gamma) \in V(16) \oplus V(10)$  で与えられる ([2] の § 3. A の (IP)). ここに  $f(\gamma)$  は  $V(10)$  上の 2 次不変式,  $Q(\alpha) = {}^t (Q_1(\alpha), \dots, Q_{10}(\alpha))$ ,  $Q_i(\alpha)$  は § 2-1 の (5) と同じである. しかし,  $\tau \delta X_1(\tilde{A}) = 2\beta$ ,  $\delta X_2(\tilde{A}) = 2\alpha + \beta$  for  $\tilde{A} = (\alpha, \beta; A) \in \mathfrak{gl}(1)^2 \oplus \mathfrak{o}(10)$  である.

$(GL(1)^2 \times Spin(10), \text{半スピノ表現} \oplus \text{ベクトル表現})$  は次の 13 個の軌道をもつ (Prop. 3.5 in [6]).

代表点	codim.	代表点	codim.
(1) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, e_5 + e_{10})$	0	(13) $(0, 0)$	26
(2) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, e_1 + e_6)$	1	(7) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, e_{10})$	9
(3) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, e_5)$	1	(12) $(0, e_1)$	17
(4) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, e_1)$	2	(9) $(1, e_6)$	10
(5) $(1, e_1 + e_6)$	5	(10) $(1, 0)$	15
(6) $(1, e_1)$	6	(self-dual)	
(8) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, 0)$	10	(11) $(0, e_1 + e_6)$	16

上では dual orbits を横にならしてかいてある。

ホロノミ図形は図 17 のようになる。ただし  $(b)$  は余次元  $j$  の軌道  $(b)$  の conormal bundle を表わす。また  $\tau$  の関数は

$$\tau_X(S_1, S_2) = [S_1 + 1]_{n_1} \cdot [S_1 + S_2 + 5]_{n_1 + n_2} \cdot [S_2 + 1]_{n_2} \cdot [S_2 + 8]_{n_2}$$

for  $X = X_1^{n_1} X_2^{n_2}$  ( $n_i > 0$ ) である。

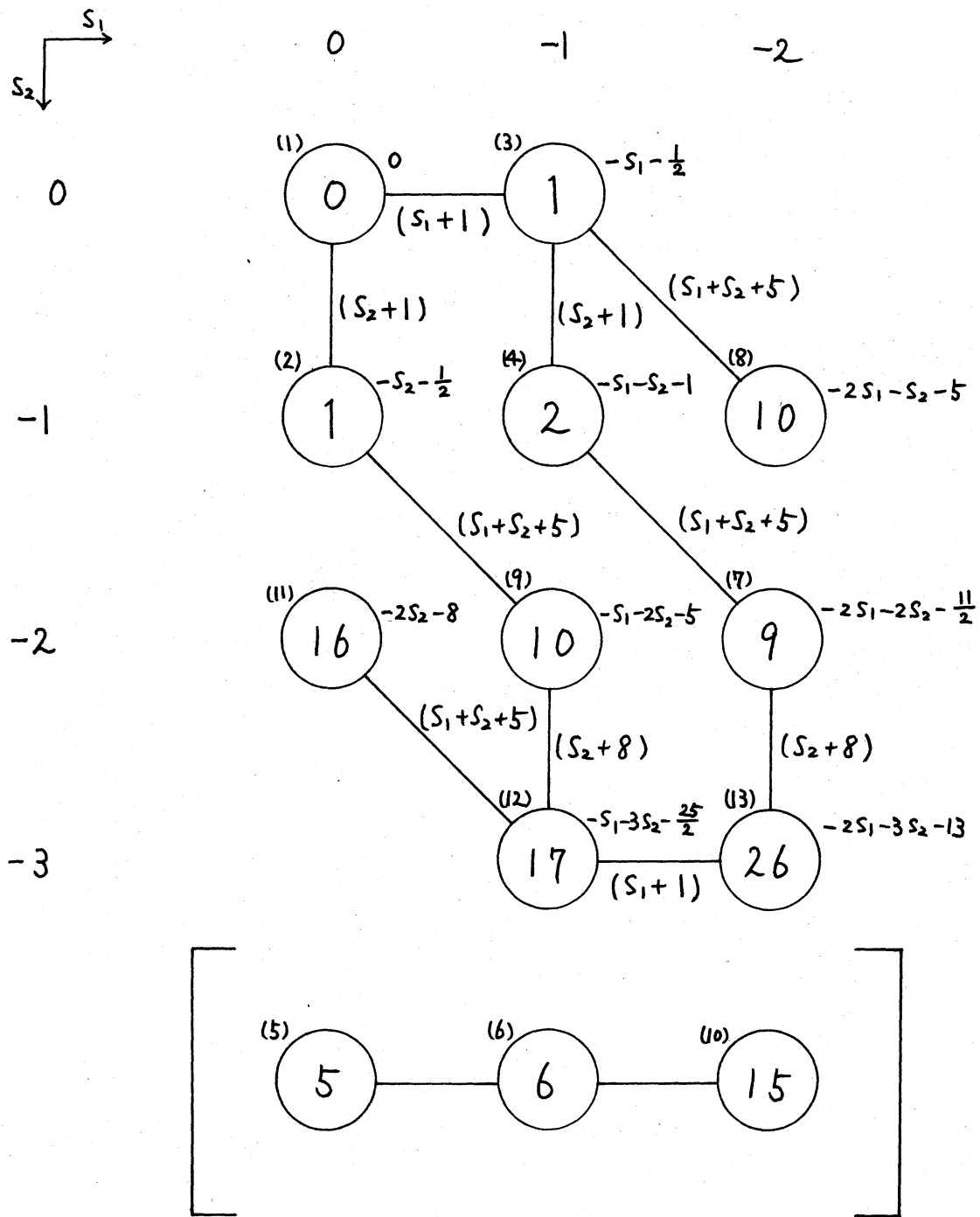


図 17  $(GL(1)^2 \times Spin(10), \text{半スピノ表現} \oplus \text{ベクトル表現}, V(16) \oplus V(10))$  のホロミ一図形

2-3.  $N = 2$  (その2) の場合.

$$(14) \quad (GL(1)^3 \times SL(2m), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*, V(m(2m+1)) \oplus V(2m) \oplus V(2m)^*).$$

表現空間は  $V = \{\tilde{\alpha} = (X, \gamma, z); {}^tX = -X \in M(2m), \gamma, z \in \mathbb{C}^{2m}\}$  で、作用は  $\rho(f)\tilde{\alpha} = (\alpha AX {}^tA, \beta A\gamma, \gamma {}^tA^{-1}z)$  for  $f = (\alpha, \beta, \gamma; A) \in GL(1)^3 \times SL(2m)$ ,  $\tilde{\alpha} = (X, \gamma, z) \in V$  である。基本的相対不変式は  $f_1(\tilde{\alpha}) = Pf(X)$ ,  $f_2(\tilde{\alpha}) = \langle \gamma, z \rangle$  for  $\tilde{\alpha} = (X, \gamma, z) \in V$  で与えられる ([2] の § 3. A の (6)). 群  $GL(1)^3 \times SL(2m) \times SL(2m)$  の  $V$  への作用  $\rho(f)\tilde{\alpha} = (\alpha AX {}^tA, \beta B\gamma, \gamma {}^tB^{-1}z)$  for  $f = (\alpha, \beta, \gamma; A, B) \in GL(1)^3 \times SL(2m) \times SL(2m)$ ,  $\tilde{\alpha} = (X, \gamma, z) \in V$  を考えれば、これは  $(GL(2m), \Lambda_2)$  と  $(GL(1)^2 \times SL(2m), \Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*)$  の直和であり、(14) と同じく  $f_1(\tilde{\alpha}) = Pf(X)$ ,  $f_2(\tilde{\alpha}) = \langle \gamma, z \rangle$  for  $\tilde{\alpha} = (X, \gamma, z) \in V$  を基本的相対不変式に持つ。  $(GL(1)^3 \times SL(2m), \Lambda_2 \oplus (\Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*)) \hookrightarrow (GL(1)^3 \times SL(2m) \times SL(2m), \Lambda_2 \oplus 1 \oplus 1 \oplus (\Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*))$  に依り、(14) の不関数は既約正則 P. V.  $(GL(2m), \Lambda_2)$  と (1)  $(GL(1)^2 \times SL(2m), \Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*)$  の直和の場合に帰着される。また、不関数は  $h_X(s_1, s_2) = \prod_{k=1}^m [s_1 + 2k - 1]_{m_1} \times [s_2 + 1]_{m_2} [s_2 + 2m]_{m_2}$  for  $X = X_1^{m_1} X_2^{m_2}$  ( $m_i > 0$ ) である。

$$(15) \quad (GL(1)^2 \times Spin(7), \text{スピン表現} \oplus \text{ベクトル表現}, V(8) \oplus V(7)).$$

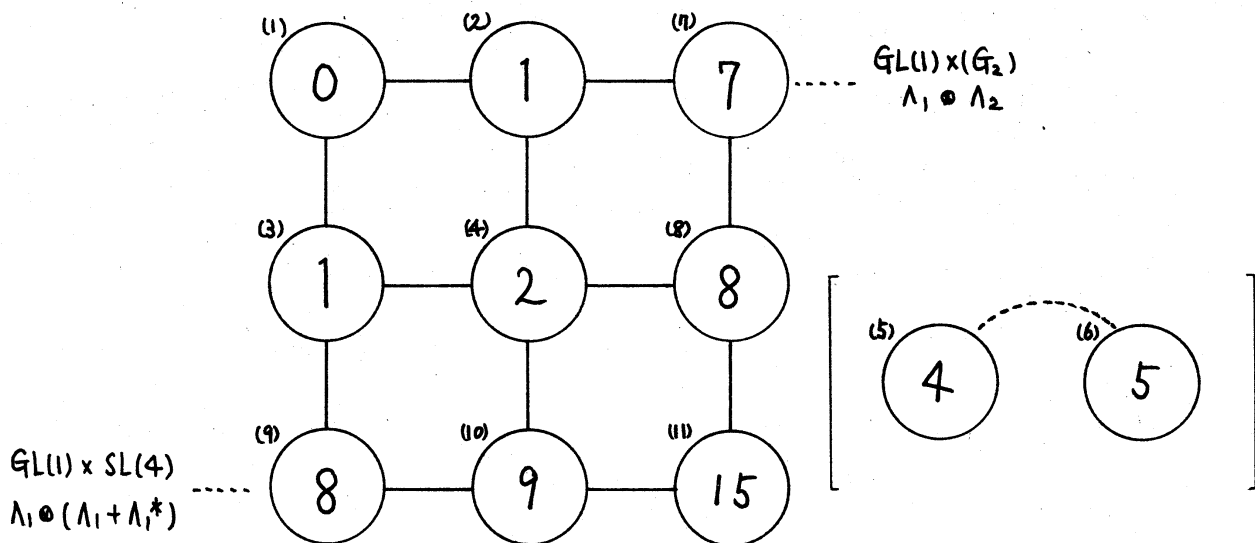
基本的相対不変式は  $f_1(\tilde{\alpha}) = f(\alpha)$ ,  $f_2(\tilde{\alpha}) = g(\beta)$  for  $\tilde{\alpha} = (\alpha, \beta) \in V(8) \oplus V(7)$  で与えられる ([2] の § 3. A の (16)). こゝに  $f(\alpha)$  は  $V(8)$  上の 2 次不変式 (具体的形は [4] の Prop. 4 の  $f(\alpha)$  を参照のこと),  $g(\beta)$  は  $V(7)$  上の 2 次不変式である。  $f_1(\tilde{\alpha}), f_2(\tilde{\alpha})$  は 2 つの既約正則 P. V.  $(GL(1) \times Spin(7), \text{スピン表現})$  と  $(GL(1) \times Spin(7), \text{ベクトル表現})$  の直和

の基本的相対不変式でもある。したがって(15)は2つの既約正則P.V.の直和の場合に帰着される。よって関数は  $f_X(S_1, S_2) = [S_1+1]_{m_1} [S_1+4]_{m_1} [S_2+1]_{m_2} [S_2+\frac{7}{2}]_{m_2}$  for  $X = X_1^{m_1} X_2^{m_2}$  ( $m_i > 0$ ) である。なお軌道分解おまがホロ)ミ-図形は以下の通りである。

( $GL(1)^2 \times Spin(7)$ , スピン表現  $\oplus$  ベクトル表現) は次の11個の軌道をもち (Prop. 13 in [7])。

代表点	codim.	代表点	codim.
(1) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, u_1)$	0	(11) $(0, 0)$	15
(2) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, u_2)$	1	(10) $(0, u_2)$	9
(3) $(1, u_2 + u_5)$	1	(8) $(1, 0)$	8
(4) $(1, u_2)$	2	(self-dual)	
(5) $(1, u_1)$	4	(6) $(0, u_5)$	5
(7) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, 0)$	7	(9) $(0, u_1)$	8

図 18. ( $GL(1)^2 \times Spin(7)$ , スピン表現  $\oplus$  ベクトル表現,  $V(8) \oplus V(7)$ ) のホロ)ミ-図形



ただし  $\textcircled{j}$  は余次元  $j$  の軌道  $(\mathbb{L})$  の conormal bundle を表わす。

(16)  $(GL(1)^2 \times Spin(8), \text{半スピノ表現} \oplus \text{ベクトル表現}, V_1(\mathcal{P}) \oplus V_2(\mathcal{P}))$ .

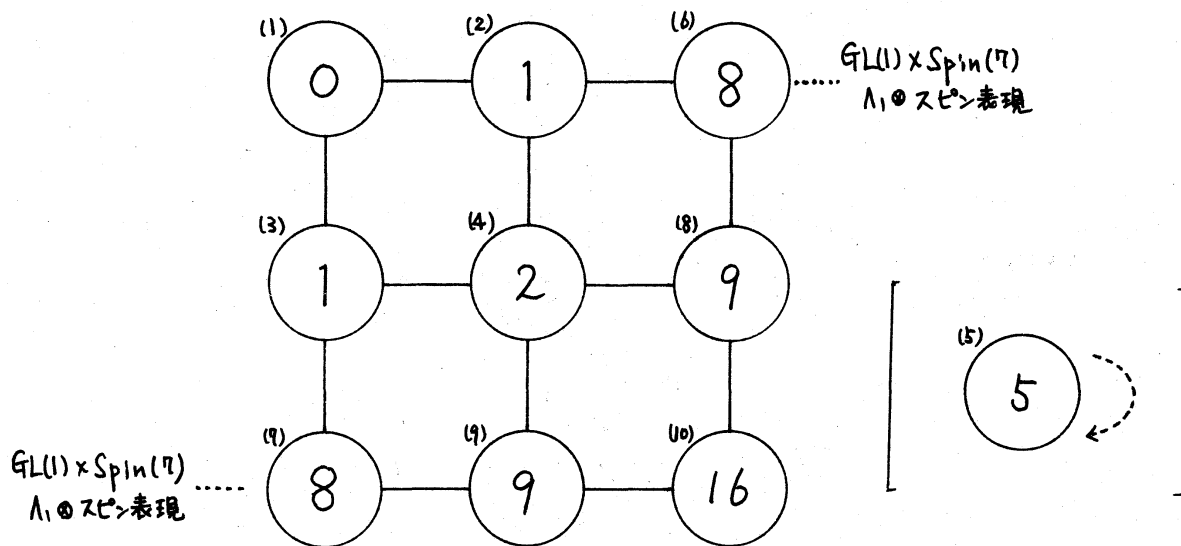
基本的相対不変式は  $f_1(\tilde{x}) = f(x)$ ,  $f_2(\tilde{x}) = f(y)$  for  $\tilde{x} = (x, y) \in V_1(\mathcal{P}) \oplus V_2(\mathcal{P})$  で与えられる ([2] の § 3. A の (15)). ここに  $f(x)$  は  $V_1(\mathcal{P})$  上の 2 次不変式 (具体的形は [4] の Prop. 1 の  $f(x)$  を参照のこと),  $f(y)$  は  $V_2(\mathcal{P})$  上の 2 次不変式である。  $f_1(\tilde{x})$ ,  $f_2(\tilde{x})$  は 2 つの既約正則 P. V.  $(GL(1) \times Spin(8), \text{半スピノ表現}, V_1(\mathcal{P}))$  と  $(GL(1) \times Spin(8), \text{ベクトル表現}, V_2(\mathcal{P}))$  の直和の基本的相対不変式でもある。また  $\chi$  関数は  $\chi(S_1, S_2) = [S_1+1]_{m_1} \cdot [S_1+4]_{m_1} \cdot [S_2+1]_{m_2} \cdot [S_2+4]_{m_2}$  for  $\chi = \chi_1^{m_1} \chi_2^{m_2}$  ( $m_i > 0$ ) である。なお軌道令解とホロノミー図形は以下の通りである。

$(GL(1)^2 \times Spin(8), \text{半スピノ表現} \oplus \text{ベクトル表現})$  は次の 10 個の軌道をもつ (Prop. 12 in [7]). ここに横にならべて書いてある軌道は互いに dual orbit である。

代表点	codim.	代表点	codim.
(1) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, e_1 + e_5)$	0	(10) $(0, 0)$	16
(2) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, e_1)$	1	(9) $(0, e_1)$	9
(3) $(1, e_1 + e_5)$	1	(8) $(1, 0)$	9
(4) $(1, e_1)$	2	(self-dual)	
(5) $(1, e_5)$	5	(self-dual)	
(6) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4, 0)$	8	(7) $(0, e_1 + e_5)$	8



図19.  $(GL(1)^2 \times Spin(8), \text{半スピノ表現} \oplus \text{ベクトル表現}, V_1(8) \oplus V_2(8))$  のホロミニ図形.  $\odot_j^{(i)}$  は余次元  $j$  の軌道  $(i)$  の conormal bundle を表す.



(17)  $(GL(1)^2 \times Spin(12), \text{半スピノ表現} \oplus \text{ベクトル表現}, V(32) \oplus V(12))$ .

基本的相対不変式は  $f_1(\alpha) = J(\alpha)$ ,  $f_2(\alpha) = \delta(\beta)$  for  $\alpha = (\alpha, \beta) \in V(32) \oplus V(12)$  で与えられる ([2] の § 3. A の (19)).  $\odot_j^{(i)}$  に  $J(\alpha)$  は  $V(32)$  上の 4 次不変式 (具体的形は [4] の Prop. 3 の  $J(\alpha)$  を参照のこと),  $\delta(\beta)$  は  $V(12)$  上の 2 次不変式である.  $f_1(\alpha), f_2(\alpha)$  は 2 つの既約正則 P. V.  $(GL(1) \times Spin(12), \text{半スピノ表現})$  と  $(GL(1) \times Spin(12), \text{ベクトル表現})$  の直和の基本的相対不変式でもある. まって  $\phi$ -関数は  $\phi_\chi(s_1, s_2) = [s_1 + 1]_{m_1} \cdot [s_1 + \frac{7}{2}]_{m_1} \cdot [s_1 + \frac{11}{2}]_{m_1} \cdot [s_1 + 8]_{m_1} \cdot [s_2 + 1]_{m_2} \cdot [s_2 + 6]_{m_2}$  for  $\chi = \chi_1^{m_1} \chi_2^{m_2}$  ( $m_i > 0$ ) である. なお軌道分解およびホロミニ図形は以下の通りである.

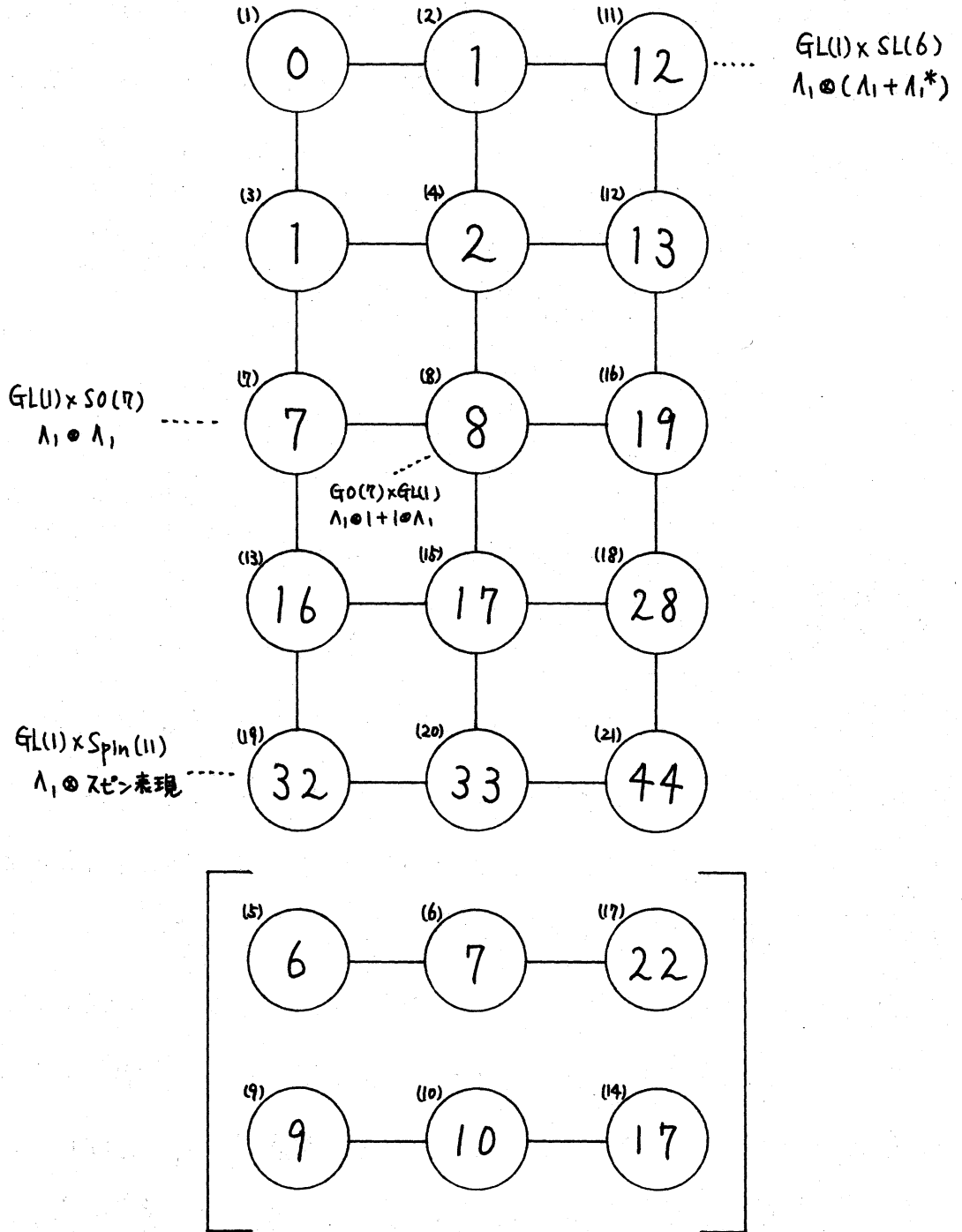


図 20.  $(GL(1) \times Spin(12))_1$  (半スピンの表現とベクトル表現,  $V(32) \oplus V(12)$ ) のホロミニ-図形

( $GL(1)^2 \times Spin(12)$ , 半スピノ表現 $\oplus$ ベクトル表現)は次の21個の軌道を持つ (Prop. 3.6 in [6]).

代表点	codim.	代表点	codim.
(1) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4 e_5 e_6, e_1 + e_7)$	0	(21) $(0, 0)$	44
(2) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4 e_5 e_6, e_1 + e_8)$	1	(20) $(0, e_1)$	33
(3) $(1 + e_2 e_3 e_5 e_6 + e_1 e_3 e_4 e_6, e_1 + e_7)$	1	(18) $(1, 0)$	28
(4) $(1 + e_2 e_3 e_5 e_6 + e_1 e_3 e_4 e_6, e_1)$	2	(15) $(1, e_1)$	17
(5) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4 e_5 e_6, e_1)$	6	(17) $(1, e_7)$	22
(6) $(1 + e_2 e_3 e_5 e_6 + e_1 e_3 e_4 e_6, e_7)$	7	(self-dual)	
(7) $(1 + e_2 e_3 e_5 e_6, e_1 + e_7)$	7	(16) $(1 + e_2 e_3 e_5 e_6, 0)$	19
(8) $(1 + e_2 e_3 e_5 e_6, e_1)$	8	(self-dual)	
(9) $(1 + e_2 e_3 e_5 e_6, e_2 + e_8)$	9	(14) $(1 + e_2 e_3 e_5 e_6, e_7)$	17
(10) $(1 + e_2 e_3 e_5 e_6, e_2)$	10	(self-dual)	
(11) $(1 + e_1 e_2 e_3 e_4 e_5 e_6, 0)$	12	(19) $(0, e_1 + e_7)$	32
(12) $(1 + e_2 e_3 e_5 e_6 + e_1 e_3 e_4 e_6, 0)$	13	(13) $(1, e_1 + e_7)$	16

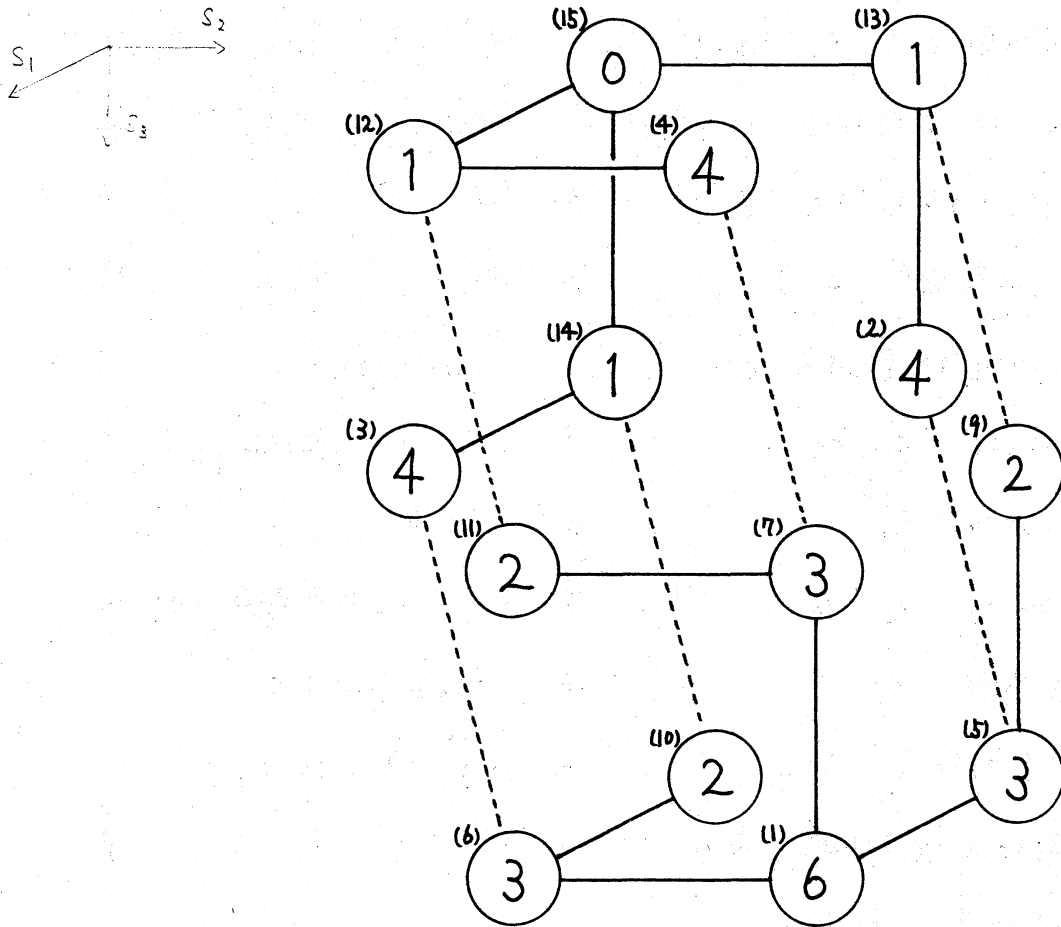
2-4.  $N = 3$  の場合.

$$(18) (GL(1)^3 \times SL(2), \lambda_1 \oplus \lambda_1 \oplus \lambda_1, V(2) \oplus V(2) \oplus V(2)).$$

基本的相対不変式は  $f_1(x) = \det(x_2, x_3)$ ,  $f_2(x) = \det(x_1, x_3)$ ,  $f_3(x) = \det(x_1, x_2)$  for  $x = (x_1, x_2, x_3) \in V(2) \oplus V(2) \oplus V(2)$  により与えられた ([2] の § 3. A の (3)). 定義により直接計算することにより,  $h_{\chi_1}(s_1, s_2, s_3) = (s_1 + 1)(s_1 + s_2 + s_3 + 2)$ ,  $h_{\chi_2}(s_1, s_2, s_3) = (s_2 + 1)(s_1 + s_2 + s_3 + 2)$ ,  $h_{\chi_3}(s_1, s_2, s_3) =$

$= (S_3+1)(S_1+S_2+S_3+2)$  を得る。よって関数は  $h_X(S_1, S_2, S_3) = [S_1+1]_{m_1} \cdot [S_2+1]_{m_2} \cdot [S_3+1]_{m_3} \cdot [S_1+S_2+S_3+2]_{m_1+m_2+m_3}$  for  $X = X_1^{m_1} X_2^{m_2} X_3^{m_3}$  ( $m_i > 0$ ) である。なお軌道分解とホロ)ミ-図形は次の通り。

図 21.  $(GL(1)^3 \times SL(2), \Lambda_1 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1, V(2) \oplus V(2) \oplus V(2))$  のホロ)ミ-図形。



$(GL(1)^3 \times SL(2), \Lambda_1 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1)$  は次の 15 個の軌道をもつ (Prop. 4(III) in [7]).

代表点	codim.	代表点	codim.
(15) $(e_1, e_2, e_1+e_2)$	0	(11) $(0, 0, 0)$	6
(13) $(e_1, e_2, e_2)$	1	(5) $(0, e_1, e_1)$	3
(14) $(e_1, e_2, e_1)$	1	(6) $(e_1, 0, e_1)$	3

(12) $(e_1, e_1, e_2)$	1	(7) $(e_1, e_1, 0)$	3
(9) $(0, e_1, e_2)$	2	(2) $(e_1, 0, 0)$	4
(10) $(e_1, 0, e_2)$	2	(3) $(0, e_1, 0)$	4
(11) $(e_1, e_2, 0)$	2	(4) $(0, 0, e_1)$	4
(8) $(e_1, e_1, e_1)$	2	( not prehomop. )	

2-5.  $N \geq 4$  の場合.

$$(19) (GL(U)^{m+1} \times SL(m), \Lambda_1 \oplus \dots \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1, V(m) \oplus \dots \oplus V(m) \oplus V(m)) (m \geq 3).$$

$$V = \{x = (x_1, x_2, \dots, x_{m+1}) \in V(m) \oplus \dots \oplus V(m)\} = \{x = (x_{ij})_{1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq m+1} \in M(m, m+1)\}$$

とおく。基本的相対不変式は次の  $(m+1)$  個である:  $f_k(x) = \det(x_1, \dots, \check{x}_k, \dots, x_{m+1})$  ( $k=1, \dots, m+1$ ) for  $x \in V$  ([2] の § 3. A の (3)). 定義

$$\text{により } b_{x_i}(s_1, \dots, s_{m+1}) \text{ は } f_i(\text{grad } x) \prod_{k=1}^{m+1} f_k(x)^{s_k} \cdot f_i(x) = b_{x_i}(s_1, \dots, s_m) \times \prod_{k=1}^{m+1} f_k(x)^{s_k}, \text{ 即ち } f_i(x) \cdot f_i(\text{grad } x) \prod_{k=1}^{m+1} f_k(x)^{s_k} \cdot f_i(x) = b_{x_i}(s_1, \dots, s_{m+1}) \prod_{k=1}^{m+1} f_k(x)^{s_k} \cdot f_i(x)$$

を満たす。したがってこの左辺を直接計算することにより

$b_{x_i}(s_1, \dots, s_{m+1})$  が求まる。  $i = m+1$  のときに求めれば十分である。

$f_{m+1}(x) = \det(x_{ij})_{1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq m}$  ゆえ, Capelli の等式 (Weyl, The classical groups の Ch. II, 4 の p.42) により次が成立する。

$$\det(x_{ij})_{1 \leq i, j \leq m} \det\left(\frac{\partial}{\partial x_{ij}}\right)_{1 \leq i, j \leq m} = \det(D_{m+1-i, m+1-j} + \delta_{ij}(m-i))_{1 \leq i, j \leq m}$$

$$\text{こゝに } D_{ij} = \sum_{k=1}^m x_{ki} \frac{\partial}{\partial x_{kj}}.$$

$$\det(D_{m+1-i, m+1-j} + \delta_{ij}(m-i))_{1 \leq i, j \leq m} \prod_{k=1}^{m+1} f_k(x)^{s_k} \cdot f_{m+1}(x) = (s_{m+1} + 1) \cdot \prod_{k=2}^m \left(\sum_{i=1}^{m+1} s_i + k\right) \cdot \prod_{k=1}^{m+1} f_k(x)^{s_k} \cdot f_{m+1}(x)$$

より,  $b_{x_{m+1}}(s_1, \dots, s_{m+1}) = (s_{m+1} + 1) \cdot \prod_{k=2}^m \left(\sum_{i=1}^{m+1} s_i + k\right)$  を得る。よって

$$b\text{-関数は } b_x(s_1, \dots, s_{m+1}) = \prod_{i=1}^{m+1} [s_i + 1]_{m_i} \times \prod_{k=2}^m \left[\sum_{i=1}^{m+1} s_i + k\right]_{\sum_{i=1}^{m+1} m_i} \text{ for } x =$$

$\prod_{i=1}^{n+1} \chi_i^{n_i}$  ( $n_i > 0$ ) とする。

$$(20) \quad (\mathrm{GL}(1)^{n+1} \times \mathrm{SL}(n), \lambda_1 \oplus \cdots \oplus \lambda_1 \oplus \lambda_1^*, V(n) \oplus \cdots \oplus V(n) \oplus V(n)^*) \quad (n \geq 3).$$

$$V = \{ x = (x_1, \dots, x_n, y) \in V(n) \oplus \cdots \oplus V(n) \oplus V(n)^* \} = \{ x =$$

$$\begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} & y_1 \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nn} & y_n \end{pmatrix} \in M(n, n+1) \} \text{ とおく。基本的相対不変式は次}$$

の  $(n+1)$  個である： $f_i(x) = \langle y, x_i \rangle = \sum_{k=1}^n y_k x_{ki}$  ( $i = 1, \dots, n$ ),  $f_{n+1}(x) = \det(x_1, \dots, x_n) = \det(x_{ij})$  for  $x \in V$  ([2] の § 3. A の (4)). 定義により,  $i \neq n+1$  のとき  $(\sum_{k=1}^n \frac{\partial}{\partial y_k} \frac{\partial}{\partial x_{ki}})$ .

$\prod_{j=1}^{n+1} f_j(x) \cdot f_i(x) = \psi_{\chi_i}(s_1, \dots, s_{n+1}) \prod_{j=1}^{n+1} f_j(x)$  中へ, 左辺を直接計算することにより,  $\psi_{\chi_i}(s_1, \dots, s_{n+1}) = (s_{i+1})(s_1 + \dots + s_{n+1} + n)$

を得る。 $\psi_{\chi_{n+1}}(s_1, \dots, s_{n+1})$  は  $\det(\frac{\partial}{\partial x_{ij}}) \cdot \prod_{j=1}^{n+1} f_j(x) \cdot \{\det(x_{ij})\} = \psi_{\chi_{n+1}}(s_1, \dots, s_{n+1}) \prod_{j=1}^{n+1} f_j(x)$  を満たす。Cappelli の等式によ

り,  $\det(D_{n+1-i, n+1-j} + \delta_{ij}(n-i))_{1 \leq i, j \leq n} \prod_{j=1}^{n+1} f_j(x) f_{n+1}(x) = \psi_{\chi_{n+1}}(s_1, \dots, s_{n+1}) \prod_{j=1}^{n+1} f_j(x) f_{n+1}(x)$  中へ, 左辺を計算するこ

とにより  $\psi_{\chi_{n+1}}(s_1, \dots, s_{n+1}) = \prod_{k=1}^{n-1} (s_{n+1} + k) \times (s_1 + \dots + s_{n+1} + n)$  を得

る。よって  $\psi$ -関数は  $\psi_{\chi}(s_1, \dots, s_{n+1}) = \prod_{i=1}^n [s_{i+1}]_{n_i} \times \prod_{k=1}^{n-1} [s_{n+1} + k]_{m_{n+1}} \times \prod_{i=1}^{n+1} [s_i + n]_{n_i}$  for  $\chi = \prod_{i=1}^{n+1} \chi_i^{n_i}$  ( $n_i > 0$ ) とする。

$$(21) \quad (\mathrm{GL}(1)^4 \times \mathrm{SL}(2m+1), \lambda_2 \oplus \lambda_1 \oplus \lambda_1 \oplus \lambda_1, V(m(2m+1)) \oplus V(2m+1) \oplus V(2m+1) \oplus V(2m+1)).$$

$$(22) \quad (\mathrm{GL}(1)^4 \times \mathrm{SL}(2m+1), \lambda_2 \oplus \lambda_1 \oplus \lambda_1^* \oplus \lambda_1^*, V(m(2m+1)) \oplus V(2m+1) \oplus V(2m+1)^* \oplus V(2m+1)^*).$$

これらの  $\psi$ -関数を (19), (20) と同様に直接計算すれば求まるはずだが, 今のところまだ求めていない。

§ 3.  $h$ -関数の表

$f_1, \dots, f_N (X_1, \dots, X_N)$  については § 2 の通りに選んでいけるものとする。 $X = \prod_{i=1}^N X_i^{m_i} (m_i > 0)$  に対し  $h$ -関数  $h_X(s)$  は以下の通り。

$N = 1$ .

$$(1) (GL(1)^2 \times SL(m), \Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*)$$

$$h_X(s_1) = [s_1 + 1]_{m_1} \cdot [s_1 + m]_{m_1}$$

$$(2) (GL(1)^2 \times SL(m), \Lambda_1 \oplus \overbrace{\Lambda_1 \oplus \dots \oplus \Lambda_1}^m)$$

$$h_X(s_1) = [s_1 + 1]_{m_1} \cdot [s_1 + 2]_{m_1} \cdots [s_1 + m]_{m_1} = \prod_{k=1}^m [s_1 + k]_{m_1}$$

$$(3) (GL(1)^2 \times SL(2m+1), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1)$$

$$h_X(s_1) = [s_1 + 1]_{m_1} \cdot [s_1 + 3]_{m_1} \cdots [s_1 + 2m + 1]_{m_1} = \prod_{k=1}^{m+1} [s_1 + 2k - 1]_{m_1}$$

$$(4) (GL(1)^2 \times Sp(m), \Lambda_1 \oplus \Lambda_1)$$

$$h_X(s_1) = [s_1 + 1]_{m_1} \cdot [s_1 + 2m]_{m_1}$$

$$(5) (GL(1)^2 \times Spin(10), \text{偶半スピノ表現} \oplus \text{偶半スピノ表現})$$

$$h_X(s_1) = [s_1 + 1]_{m_1} \cdot [s_1 + 4]_{m_1} \cdot [s_1 + 5]_{m_1} \cdot [s_1 + 8]_{m_1}$$

$N = 2$ .

$$(6) (GL(1)^3 \times SL(2m), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1)$$

$$h_X(s_1, s_2) = [s_1 + 1]_{m_1} \times \prod_{k=2}^m [s_1 + s_2 + 2k - 1]_{m_1 + m_2} \\ \times [s_2 + 1]_{m_2} \cdot [s_2 + 2m]_{m_2}$$

$$(7) (GL(1)^3 \times SL(2m), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1^* \oplus \Lambda_1^*)$$

$$h_X(s_1, s_2) = \prod_{k=1}^{m-1} [s_1 + 2k - 1]_{m_1} \times [s_1 + s_2 + 2m - 1]_{m_1 + m_2} \\ \times [s_2 + 1]_{m_2} \cdot [s_2 + 2m]_{m_2}$$

$$(8) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{SL}(m), 2\Lambda_1 \oplus \Lambda_1)$$

$$\begin{aligned} \chi(s_1, s_2) &= [s_1 + 1]_{m_1} \times \prod_{k=3}^{n+1} [s_1 + s_2 + \frac{k}{2}]_{m_1 + m_2} \\ &\quad \times [s_2 + 1]_{m_2} \cdot [s_2 + \frac{m}{2}]_{m_2} \end{aligned}$$

$$(9) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{SL}(m), 2\Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*)$$

$$\begin{aligned} \chi(s_1, s_2) &= \prod_{k=2}^m [s_1 + \frac{k}{2}]_{m_1} \times [s_1 + s_2 + \frac{m+1}{2}]_{m_1 + m_2} \\ &\quad \times [s_2 + 1]_{m_2} \cdot [s_2 + \frac{m}{2}]_{m_2} \end{aligned}$$

$$(10) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{SL}(7), \Lambda_3 \oplus \Lambda_1)$$

$$\begin{aligned} \chi(s_1, s_2) &= [s_1 + 1]_{m_1} \cdot [s_1 + 2]_{m_1} \cdot [s_1 + 3]_{m_1} \cdot [s_1 + s_2 + \frac{5}{2}]_{m_1 + m_2} \cdot [s_1 + s_2 + \frac{7}{2}]_{m_1 + m_2} \\ &\quad \times [s_1 + s_2 + 4]_{m_1 + m_2} \cdot [s_1 + s_2 + 5]_{m_1 + m_2} \cdot [s_2 + 1]_{m_2} \cdot [s_2 + \frac{7}{2}]_{m_2} \end{aligned}$$

$$(11) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{SL}(7), \Lambda_3 \oplus \Lambda_1^*)$$

$$\begin{aligned} \chi(s_1, s_2) &= [s_1 + 1]_{m_1} \cdot [s_1 + 2]_{m_1} \cdot [s_1 + \frac{5}{2}]_{m_1} \cdot [s_1 + \frac{7}{2}]_{m_1} \cdot [s_1 + s_2 + 3]_{m_1 + m_2} \\ &\quad \times [s_1 + s_2 + 4]_{m_1 + m_2} \cdot [s_1 + s_2 + 5]_{m_1 + m_2} \cdot [s_2 + 1]_{m_2} \cdot [s_2 + \frac{7}{2}]_{m_2} \end{aligned}$$

$$(12) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{Sp}(3), \Lambda_3 \oplus \Lambda_1)$$

$$\begin{aligned} \chi(s_1, s_2) &= [s_1 + 1]_{m_1} \cdot [s_1 + 2]_{m_1} \cdot [s_1 + s_2 + \frac{5}{2}]_{m_1 + m_2} \cdot [s_1 + s_2 + \frac{7}{2}]_{m_1 + m_2} \\ &\quad \times [s_2 + 1]_{m_2} \cdot [s_2 + 3]_{m_2} \quad (\text{予想}) \end{aligned}$$

$$(13) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{Spin}(10), \text{ベクトル表現} \oplus \text{スピノール表現})$$

$$\chi(s_1, s_2) = [s_1 + 1]_{m_1} \cdot [s_1 + s_2 + 5]_{m_1 + m_2} \cdot [s_2 + 1]_{m_2} \cdot [s_2 + 8]_{m_2}$$

$$(14) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{SL}(2m), \Lambda_2 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*)$$

$$\chi(s_1, s_2) = \prod_{k=1}^m [s_1 + 2k - 1]_{m_1} \times [s_2 + 1]_{m_2} \cdot [s_2 + 2m]_{m_2}$$

$$(15) \quad (\mathrm{GL}(1)^2 \times \mathrm{Spin}(7), \text{スピノール表現} \oplus \text{ベクトル表現})$$

$$\chi(s_1, s_2) = [s_1 + 1]_{m_1} \cdot [s_1 + 4]_{m_1} \cdot [s_2 + 1]_{m_2} \cdot [s_2 + \frac{7}{2}]_{m_2}$$



(16)  $(GL(1)^2 \times Spin(8), \text{スピノール表現} \oplus \text{ベクトル表現})$

$$\rho_X(S_1, S_2) = [S_1+1]_{m_1} \cdot [S_1+4]_{m_1} \cdot [S_2+1]_{m_2} \cdot [S_2+4]_{m_2}$$

(17)  $(GL(1)^2 \times Spin(12), \text{スピノール表現} \oplus \text{ベクトル表現})$

$$\rho_X(S_1, S_2) = [S_1+1]_{m_1} \cdot [S_1+\frac{7}{2}]_{m_1} \cdot [S_1+\frac{11}{2}]_{m_1} \cdot [S_1+8]_{m_1} \\ \times [S_2+1]_{m_2} \cdot [S_2+6]_{m_2}$$

$N = 3.$

(18)  $(GL(1)^3 \times SL(2), \Lambda_1 \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1)$

$$\rho_X(S_1, S_2, S_3) = [S_1+1]_{m_1} \cdot [S_2+1]_{m_2} \cdot [S_3+1]_{m_3} \cdot [S_1+S_2+S_3+2]_{m_1+m_2+m_3}$$

$N \geq 4.$

(19)  $(GL(1)^{m+1} \times SL(m), \Lambda_1 \oplus \dots \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1) \quad (m \geq 3) \quad N = m+1$

$$\rho_X(S_1, S_2, \dots, S_{m+1}) = \prod_{i=1}^{m+1} [S_i+1]_{m_i} \times \prod_{k=2}^m [S_1+S_2+\dots+S_{m+1}+k]_{\sum_{i=1}^m m_i}$$

(20)  $(GL(1)^{m+1} \times SL(m), \Lambda_1 \oplus \dots \oplus \Lambda_1 \oplus \Lambda_1^*) \quad (m \geq 3) \quad N = m+1$

$$\rho_X(S_1, S_2, \dots, S_{m+1}) = \prod_{i=1}^m [S_i+1]_{m_i} \times \prod_{k=1}^{m-1} [S_{m+1}+k]_{m_{m+1}} \times [S_1+S_2+\dots+S_{m+1}+m]_{\sum_{i=1}^m m_i}$$

### 参考文献

- [1] M. Sato and T. Kimura, A classification of irreducible prehomogeneous vector spaces and their relative invariants, Nagoya Math. J. 65 (1977), 1-155.
- [2] T. Kimura, A classification of prehomogeneous vector spaces of simple algebraic groups with scalar multiplications, J. of Alg. 83 (1983), 72-100.
- [3] T. Kimura, Remark on some combinatorial construction of relative invariants, Tsukuba J. Math. 5 (1981), 101-115.

- [4] J-I. Igusa, A classification of spinors up to dimension twelve, Amer. J. of Math. 92 (1970), 997-1028.
- [5] T. Kimura, S-I. Kasai and O. Yasukura, A classification of the representations of reductive algebraic groups which admit only a finite number of orbits, Amer. J. of Math. 108 (1986), 643-691.
- [6] T. Kimura and S-I. Kasai, The orbital decomposition of some prehomogeneous vector spaces, Adv. Stud. in Pure Math. 6 (1985), 437-480.
- [7] 木村達雄, 有限個の軌道をもつ単純線型代数群の表現について, 数理解析講義録 497.
- [8] M. Sato, M. Kashiwara, T. Kimura and T. Oshima, Micro-local analysis of prehomogeneous vector spaces, Inv. Math. 62 (1980), 117-179.
- [9] T. Kimura, Micro-local theory of complex prehomogeneous vector spaces, Part II of "M. Kashiwara, T. Kimura and M. Muro, Microlocal calculus of simple holonomic systems and its applications", preprint.
- [10] T. Kimura, The  $\mathfrak{L}$ -functions and holonomy diagrams of irreducible regular prehomogeneous vector spaces, Nagoya Math. J. 85 (1982), 1-80.
- [11] T. Shintani, On zeta functions associated with the vector space of quadratic forms, J. Fac. Sci. Univ. Toky 22 (1975), 25-65.
- [12] T. Suzuki, On zeta functions associated with quadratic forms of variable coefficients, Nagoya Math. J. 73 (1979), 117-147.

- [13] F. Sato, Zeta functions in several variables associated with prehomogeneous vector spaces I, Tohoku Math. J. 34 (1982), 437-483.