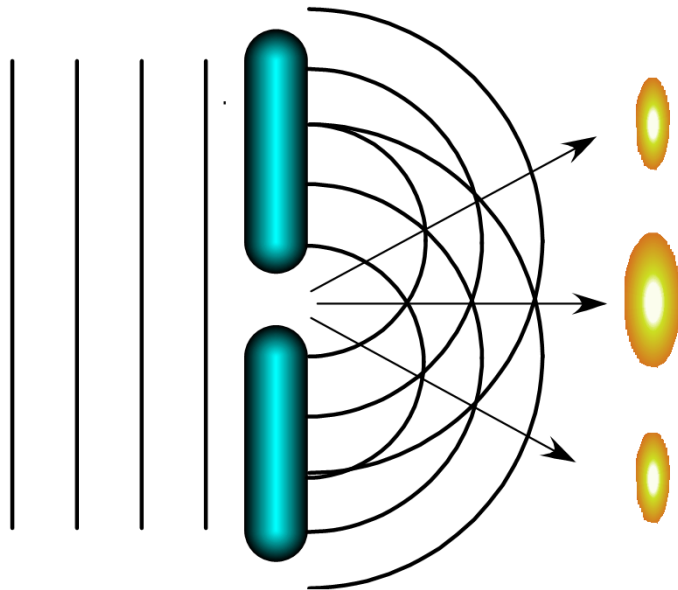


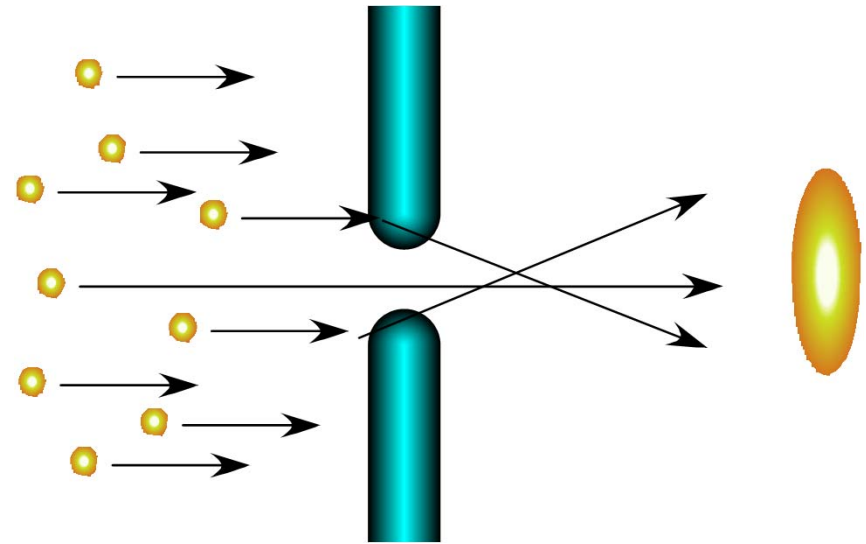
光は波？ 粒？（300年ほど前）

⌘ 「光は波」(ホイヘンス、1678年)

⌘ 「光は粒」(ニュートン、1704年)



波の場合



粒(つぶ)の場合

アイザック ・ ニュートン



モノ と モノは引きつけ合う（地球がリンゴを、リンゴが地球を引っ張っている）ことを発見。

月や、惑星（わくせい）の動きも説明！

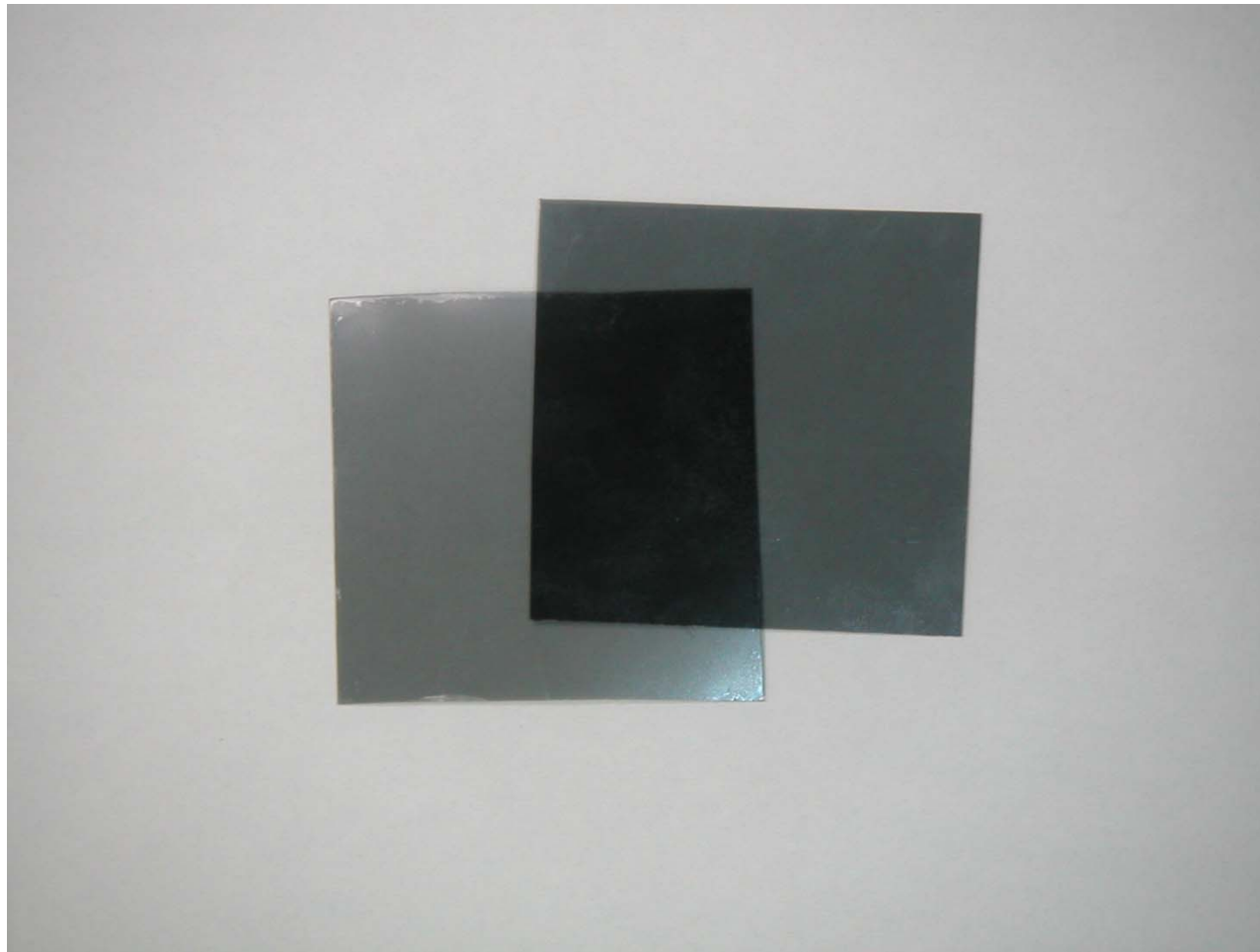
光はやっぱり波（150年前）



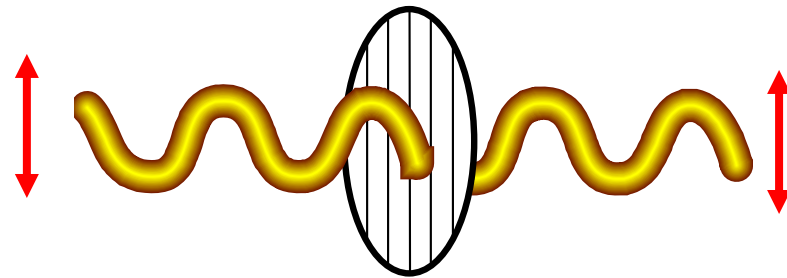
⌘ 「光は電気と磁気（じき）
でできた波」
（マクスウェル、1864年）



偏光(へんこう)フィルタ

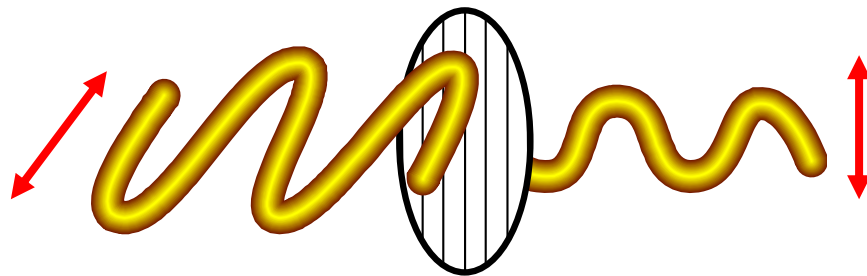
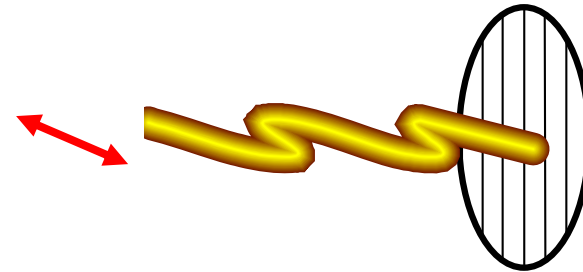


偏光(へんこう)フィルタの性質



垂直の偏光は通す

水平の偏光は通さない



垂直の成分を通す

偏光(へんこう)サングラス、ゴーグル



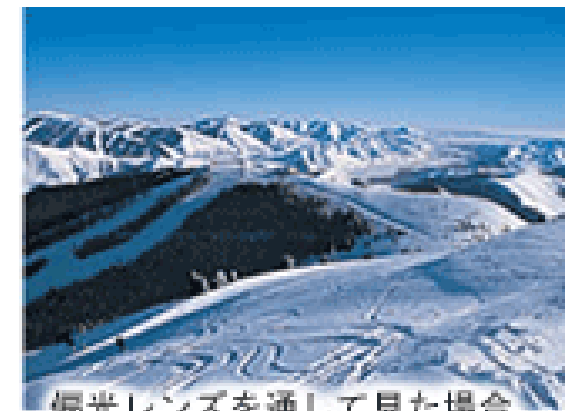
偏光メガネなし



偏光メガネあり



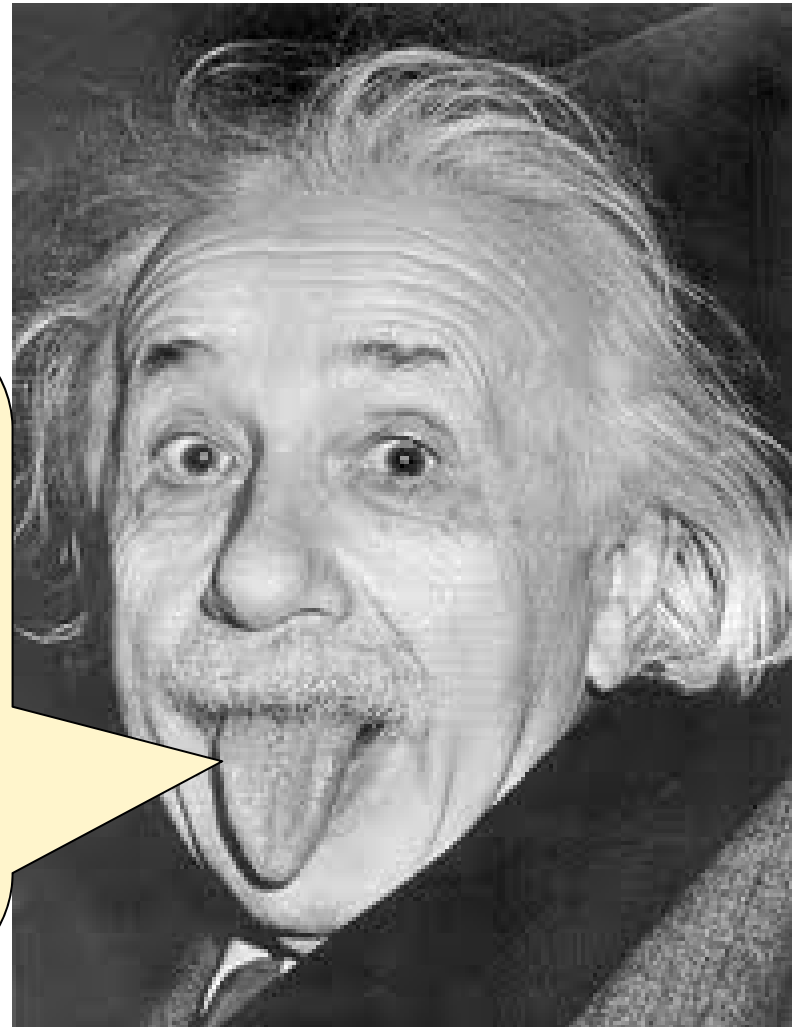
雪面からの反射光がまぶしい。



反射光が抑えられスッキリ見える

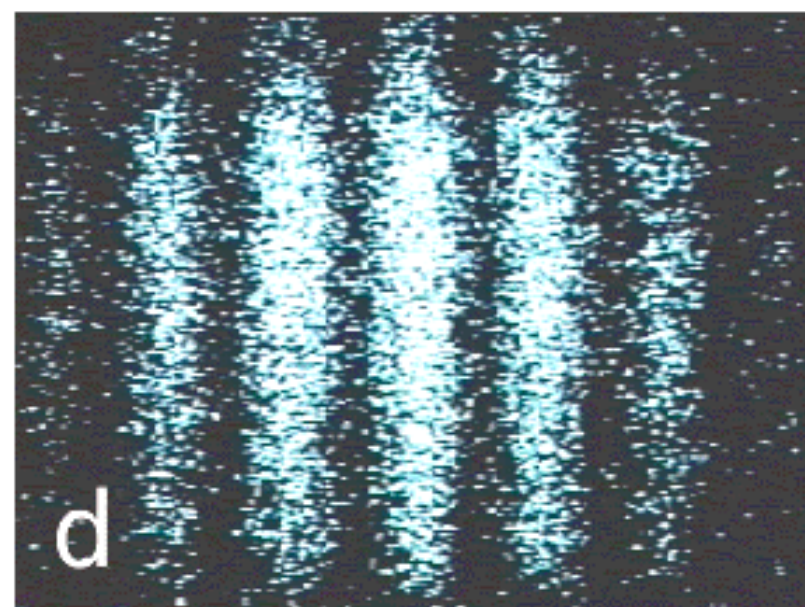
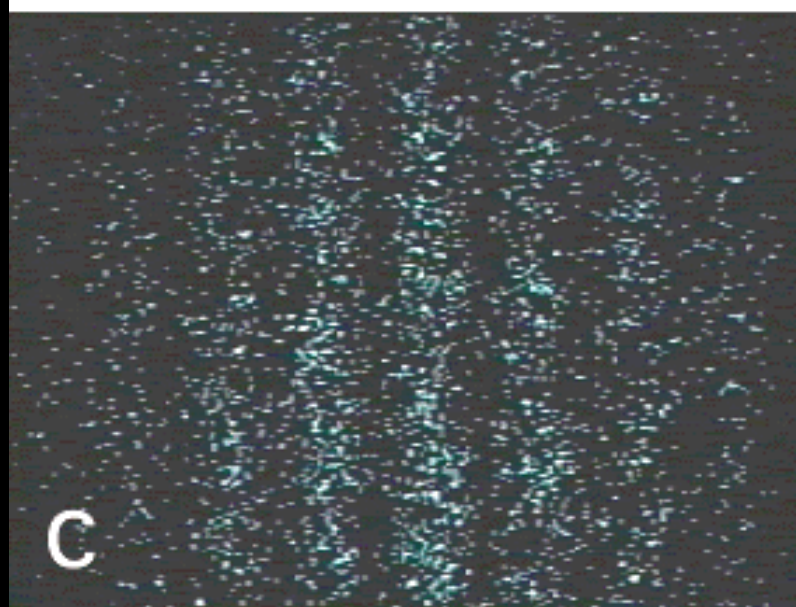
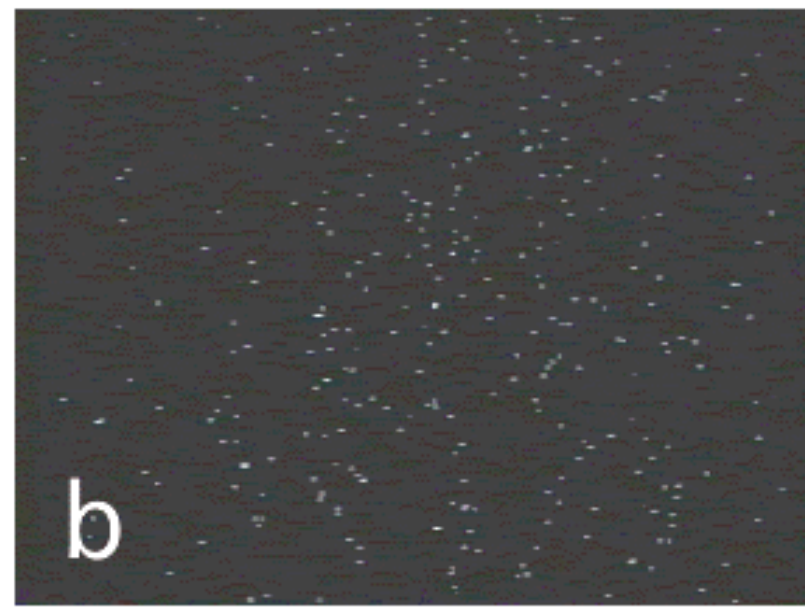
光は本当に「波」？

光は、
「波の性質をもった
粒」(光子)
の集まり
(アインシュタイン、
1905年)



光子(こうし) - 波の性質をもつ光の粒 -

CCDカメラで観察、浜松ホトニクス中央研究所



光子(こうし)はいくつくらいある？

⌘ 教室で、蛍光灯の手の平にあたる光子(こうし)の数は？

答 毎秒 2.7兆(ちょう)個

1億個のさらに2万7千倍！

あまりに沢山あるので、
ひとつひとつに気がつかない。

量子暗号(りょうしあんごう)



三菱電機 (けいはんな～大阪堂島、96km)

光子をひと粒ずつ送ることで、安全な通信を実現

生物の中の様子を光の粒で調べる

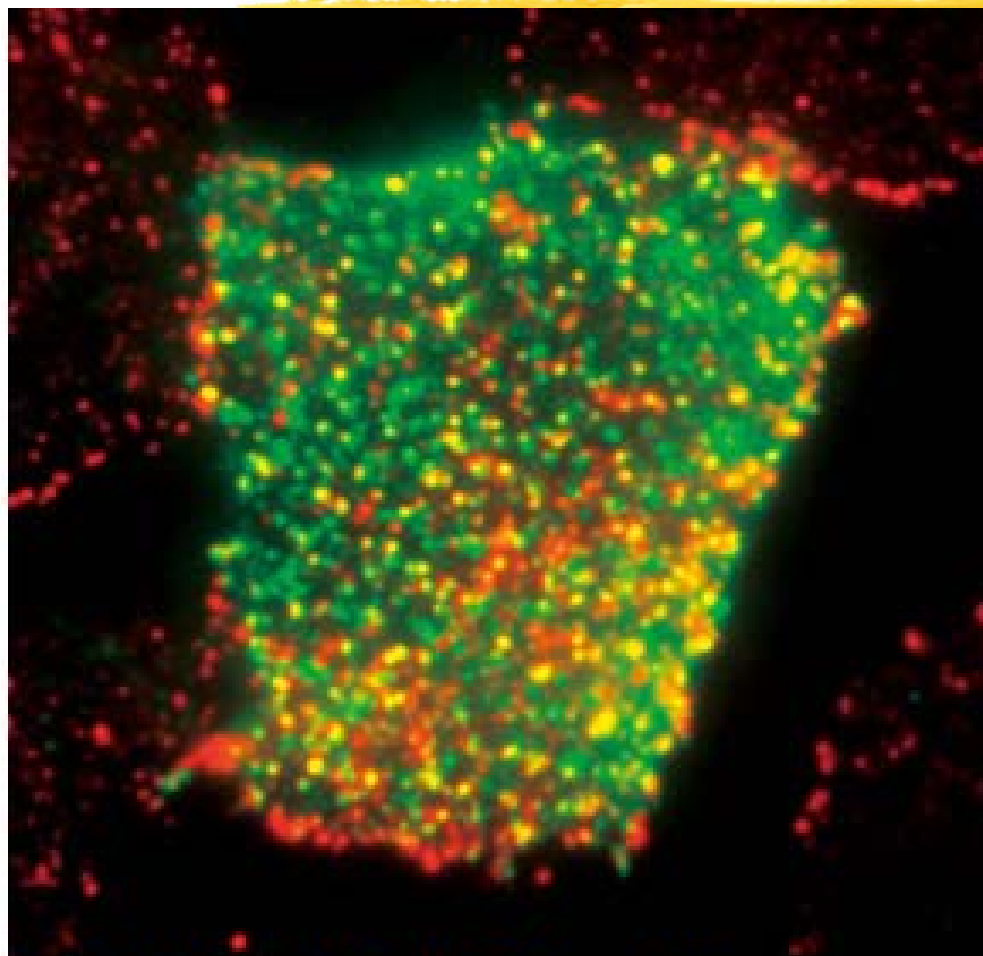
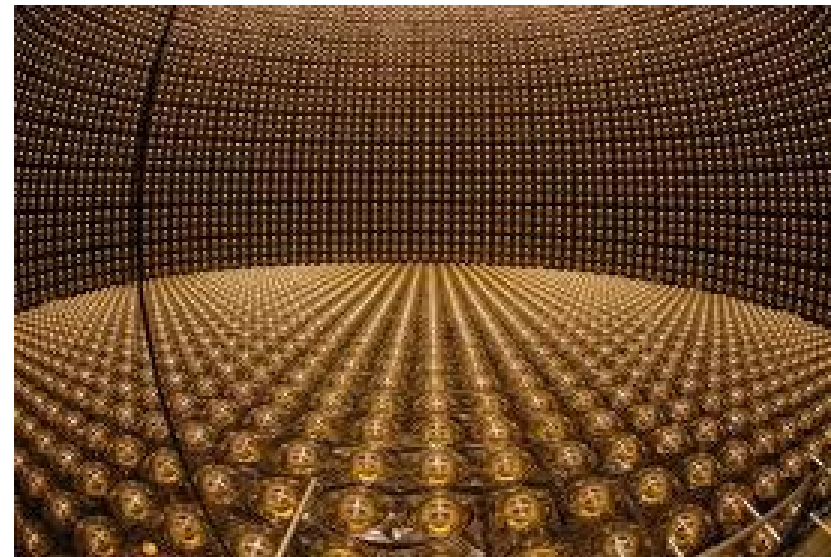
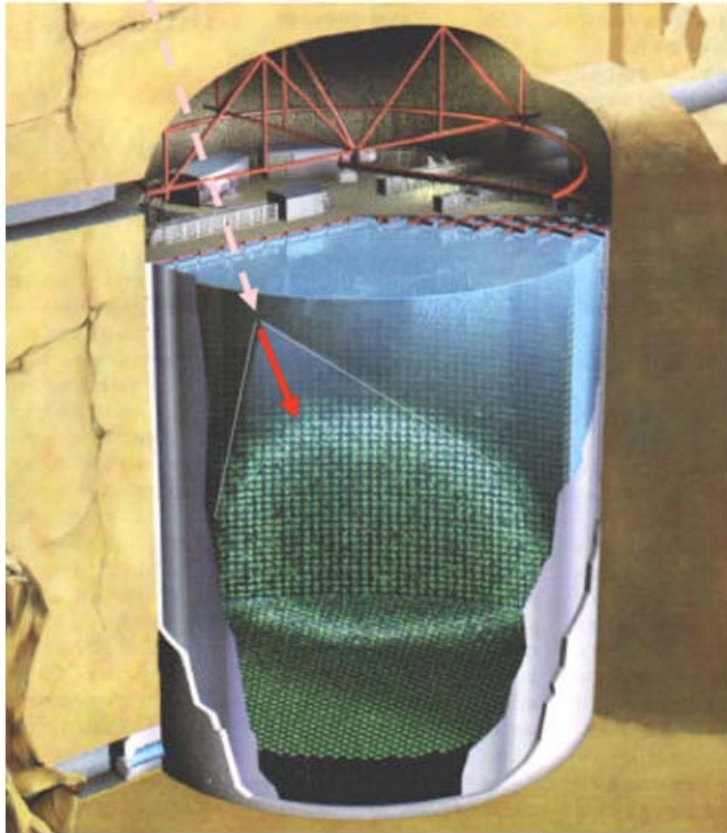


図1 EGF受容体の1分子イメージング
色は、緑色蛍光タンパク質 (GFP) で標識したEGF受容体。赤色は、リン酸化した膜タンパク質。

細胞の中の
どこに、どんな分子
があるのか、一つ
ひとつ見分けられる！


理化学研究所
佐甲先生

宇宙からの信号を、光の粒でとらえる



光子を検出する装置が
びっしりならんでいる。

大きなビル一つ分くらいの巨大な水槽



京都大学工学研究科
電子工学専攻 竹内研究室

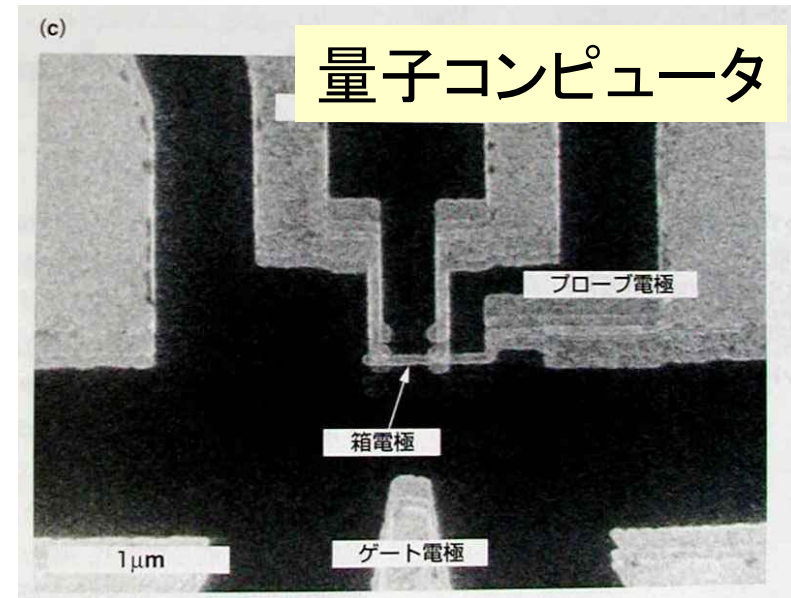
Members of Quantum Information Photonics group 2014,
Kyoto Univ. & Osaka Univ. April 5, 2014

量子(りょうし)コンピュータ

約数をもとめよう。

15の約数は？(何と何をかけると15になる？)

数字が4つ並んだ数だと (1517の約数は)？



数字が200個ならんだ数 10年

数分

数字が1万個ならんだ数 1000億年

数時間

科学

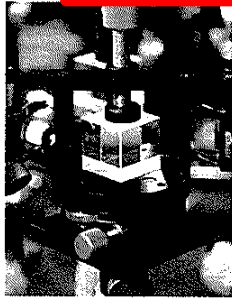
光子で「量子もつれ合い」を生成

世界初の回路を開発

膨大な計算空間を確保

物質を形作る最小単位は素粒子と呼ばれるが、この素粒子など微小な物質の奇妙な「振るまい」(動きや状態)に着目した量子力学が新たな応用段階に入りつつある。北大電子科学研究所の竹内繁樹教授(右)と大阪大派遣中の研究グループが、光の素粒子である光子を用いて、情報媒体として量子を使う際に欠かせない独特の「量子もつれ合い」状態を抜き出す世界初の回路(量子もつれフィルター)を開発した。超高速な量子コンピュータも遠く未来に期待される。(石田 暁)

北大・竹内繁樹教授らグループ



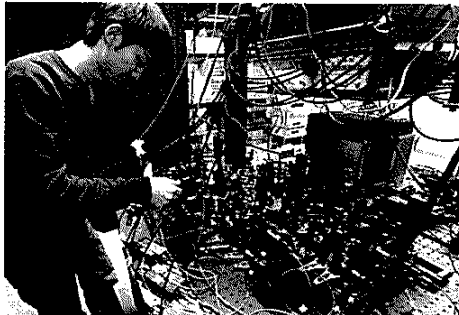
偏光成分によって反射率を変え、もつれ合い状態を発生させる部分偏光ビームスプリッター

パソコンなど現在の情報状態を表現することができ、処理システムは「0」接える情報量が多い。これは「1」の値を取る。このため、量子二取りで「運法のビットで操作」情報処理をする。取得されるが、量子は一個で「得る形は「0」「0」「0」で「あり」「1」でも「1」「1」「0」「1」「1」との二乗の四通り、十

こうした複数の量子の重ね合わせが同時に成立した状態を「量子もつれ合い」と呼ぶが、特定の量子もつれ合いをいかにコントロールして取り出すのが量子計算を実現する上の力だった。竹内教授は二〇〇二年、光子

新たな応用に期待

超高速通信 電算機 高号暗



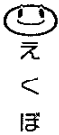
竹内教授らが開発した量子もつれフィルター実験装置。左は組み立てを担当した岡本助教＝阪大産業科学研究所竹内研究室

を用いて光学的に量子もつれ合いを制御する回路したり、測定したり、劣化した状態を純化させた複雑な上に厳密な精度が必要なたため実現困難と見られていた。

今回、竹内教授らは偏光成分ごとに反射率の異なる半透鏡装置「部分偏光ビームスプリッター」による四つの量子ゲートで、光子もつれ合い状態を発生させる。さらに新しい光学技術を取り入れて回路をシミュレーションで改良、安定に機能する「量子もつれフィルター」を実現し、与して特定目的のために、これによって、光子

の量子もつれ合いを生成したり、測定したり、劣化した状態を純化させた複雑な上に厳密な精度が必要なたため実現困難と見られていた。この回路は、入力された光子に対し、部分偏光装置、偏光検出器、水田智久さん(博士課程学生)、オハラノアトル大教授、ホフマン博士、ホルガ島大准教授との連名で、米科学誌「サイエンス」(二月二十三日発行)に掲載された。

ち間違いです。二個買ったので五十六円の差。店に電話で指摘して差額を取りに行く伝えたところ、ミスをお詫言で「お持ちします」。自覚まで届けてくれました。電話代三十円が足

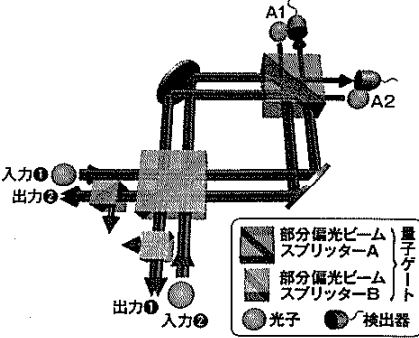


皆さんの体験談を紹介し、電話受け付けは平日午後三時。はがき、フランク入も受け付けます。紙上では匿名ですが、いずれも住所氏名、年齢、職業、電話番号が必須となります。

までしてくれるとは、丁寧な対応に感謝してしまいました。(函館市・主婦、40)



実現した量子もつれフィルターの回路



光子は入力の4個の個に加えて、A1、A2からも補助として個を入力する。計4個の光子のうち2個が検出器で同時に検出された場合に、「もつれ合い」状態の光子が出力の4個から出てくる。

「スパコンで10年かかる計算、数分で」

量子もつれフィルターを開発した竹内繁樹教授は昨年五月から北大に籍を置いたまま、招聘教授として大阪大産業科学研究所に兼任している。物質を構成するミクロな世界と向き合う量子研究の現状や今後を聞いた。

竹内教授

「量子もつれ合い」状態になった二つの光子(光子対)は引き離しても互いの相関関係は変わらないこと

たけうち、しげき 1968年大阪府生まれ。99年京大大学院理学研究科修士課程修了、同年三菱電機中央研究所、理学博士。95年04年科学技術振興機構客員研究員。97年米スタンフォード大客員研究員をそれぞれ兼任。99年北大電子科学研究所講師。2000年同助教、07年同教授。

莫大な数の重ね合わせ状態を計算空間に実現させて並列計算する量子コンピュータなどは数分で解ける可能性がありませう。今回開発された回路は、光子を発生させる光源を含めて縦三・五センチ、横一・五センチ程度の大きさ。今後は光集積回路(IC)技術と融合することでチップ回路などが期待されています。量子研究について、竹内教授は「例えるならば、私たちが知らない半導体果てをのぞくような未知の領域が少しずつ解明がなされていく状況。科学による『ロケットの二つ』と語り

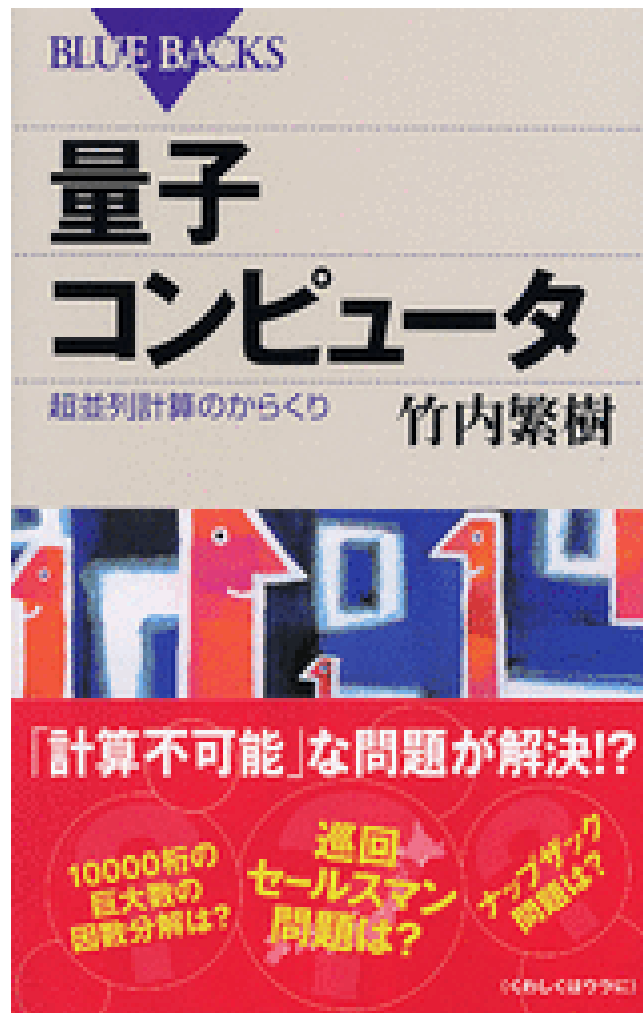
は想像よりも、少々がっかりしています。カンパニーの職人が何で回っているかを取って、データを外し、それをみることで、データをケースに戻し、この飯は捨てているのです。客見えないようにして、いるものですが、見えました。ネタはまた使おうとしてみようか。あせんとして店を出ました。(札幌市・主婦、68)

山で狭くなっていたので、車道に下りたところ、転んでしまいました。立ち上がれない私を向人かの女性が助け、妹と連絡をとり、携帯電話を貸してくれました。妹、ありがとうございます。とタクシーで病院へ行き、肩骨。(札幌市・無職、女、78)

はいはい道新

☎011-271-81

参考文献 ブルーバックス「量子コンピュータ」



- 第1章 量子計算でできること
- 第2章 「量子」とはなにか
- 第3章 量子の不思議
- 第4章 「量子」を使った計算機
- 第5章 量子アルゴリズム
- 第6章 実現にむけた挑戦
- 第7章 量子コンピュータの周辺に
広がる世界と量子暗号

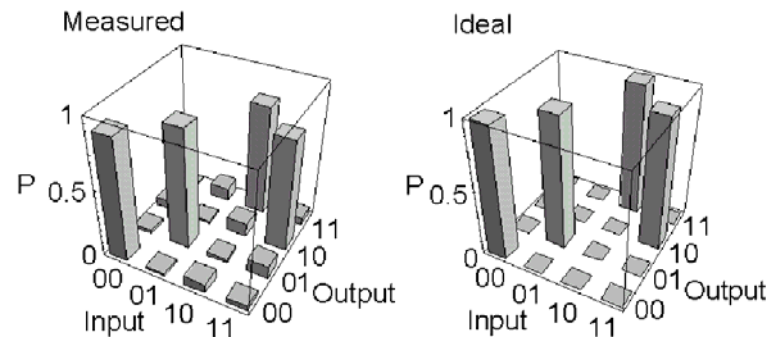
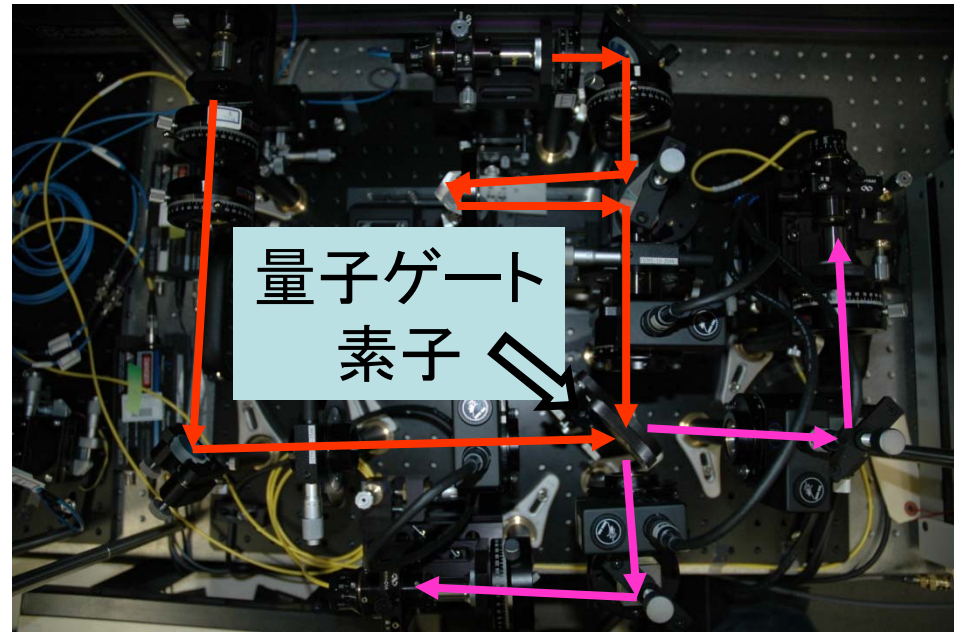
光子1個で、別の光子の偏光操作(光子スイッチ)を実現!

現在のスーパーコンピュータで1000億年かかる計算を数時間でこなす「量子コンピュータ」実現に道を開く、コンパクトな制御素子の開発に竹内繁樹・北海道大助教授らが成功した。光子を情報の基本単位として制御する素子で、従来に比べて単純な構造になったため、素子を並べた回路の設計が可能になる。米物理学会誌「フィジカル・レビュー・レターズ」に論文が掲載される予定。

量子コンピュータ実現へ一歩

北大助教授ら制御素子開発

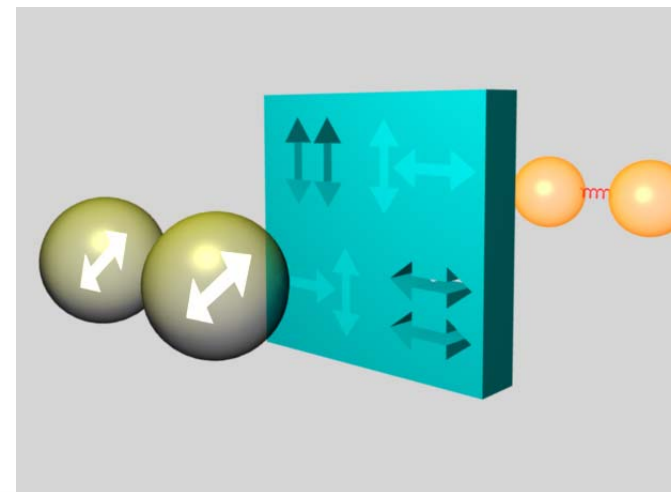
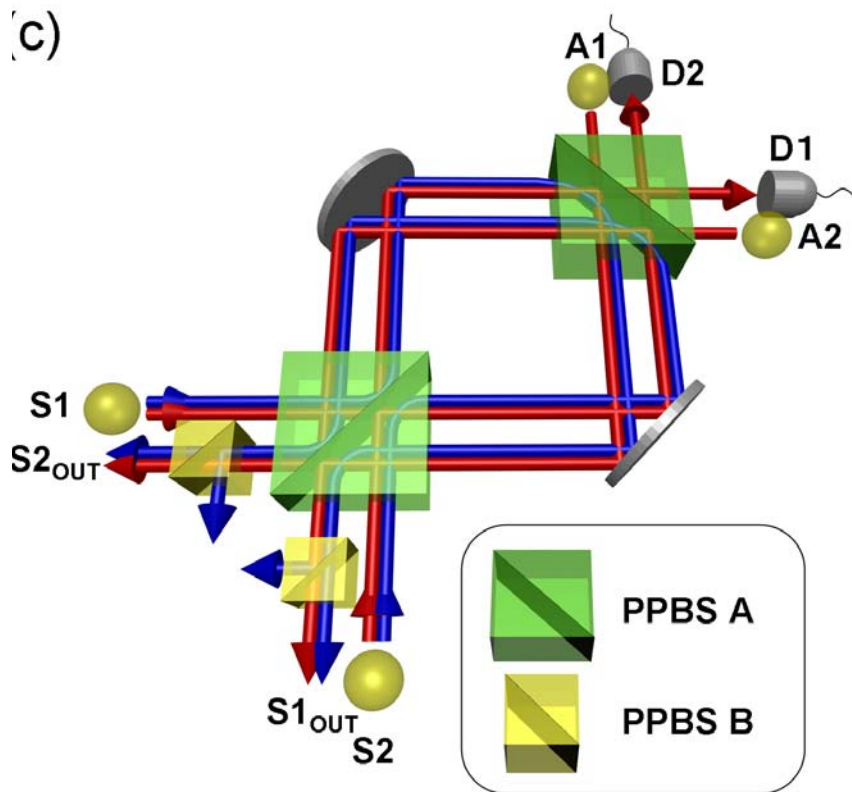
これまでの制御素子は、光を2方向に分け、双方の経路の長さを数ナノ・メートル(ナノは10億分の1)の誤差内に一致させる必要があったが、わずかな温度変化や振動でも長さが変わるため実現は難しかった。竹内助教授らはガラス基板に誘電体多層膜をはって光の反射率を調節する特殊な鏡を使い、光を2方向に分けたり、複雑な経路設計をせずに制御素子を作ることが成功した。



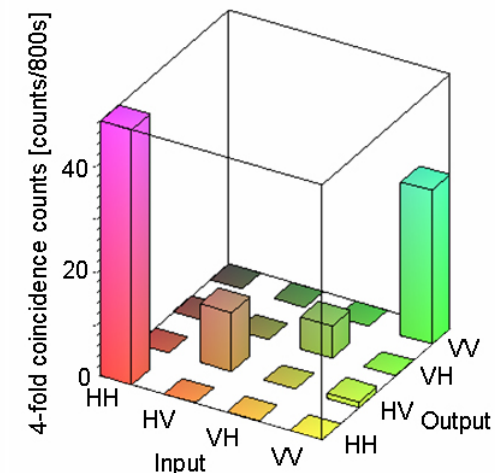
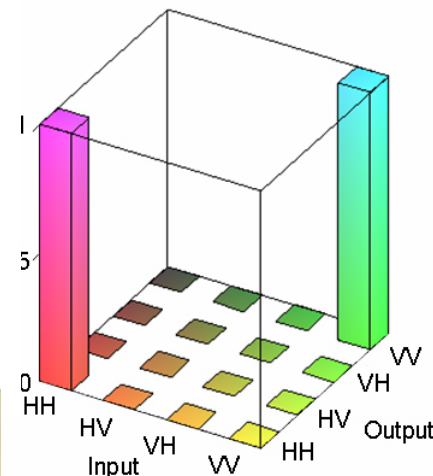
読売新聞(全国、2005.10.18朝刊)

ほか、科学新聞(1面トップ)、毎日新聞(全国)、東京新聞、中日新聞、他業界紙多数に掲載

光の粒をもちいて、量子コンピュータを作る！

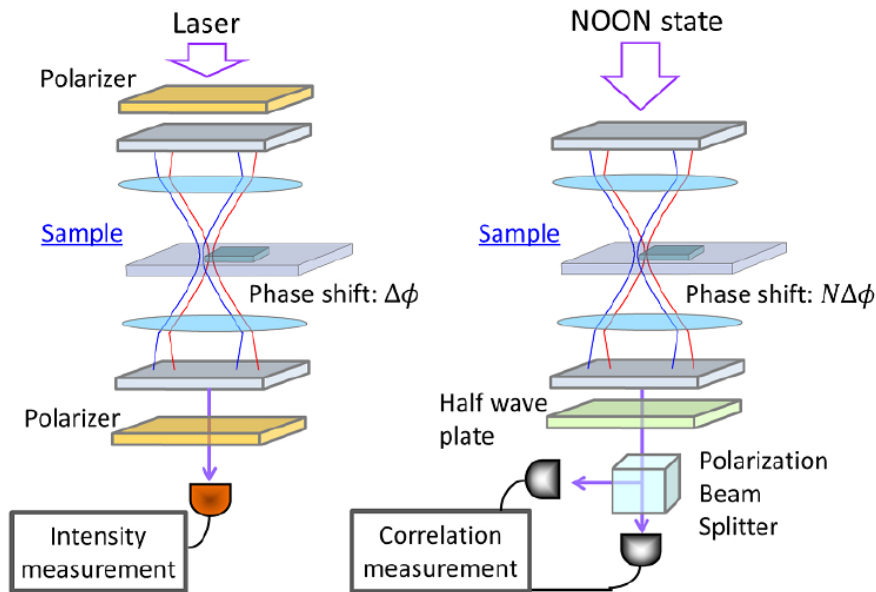


(b)



光子と光子を操作するスイッチを組み合わせ、小型の量子コンピュータを作った。

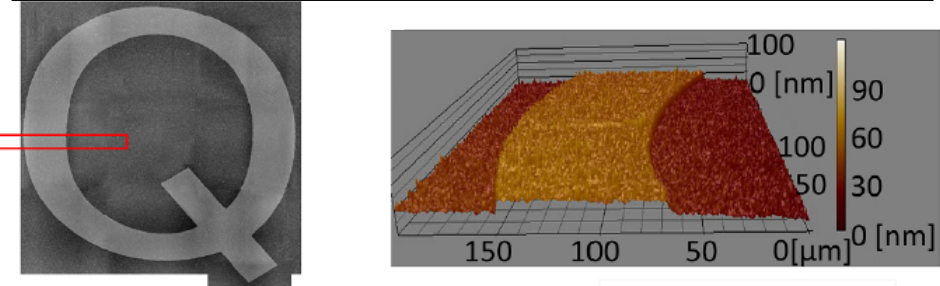
量子もつれ顕微鏡



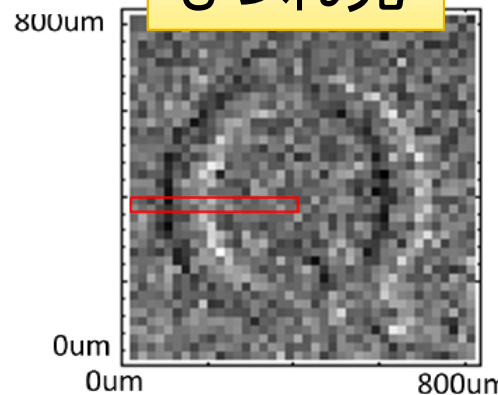
量子もつれ光子を、
初めて「顕微鏡」へ応用！

普通の「光」の限界を超えた
SN比(1.35倍)
をもつ、位相差顕微鏡を実現。
より大きな光子数の
もつれ状態により、
さらにSN比向上が可能。

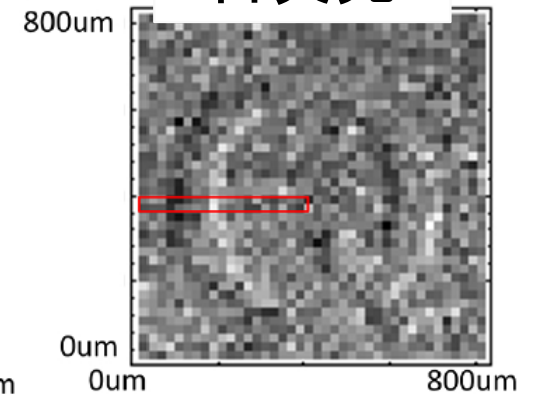
17nm厚のQ字掘りガラス基盤 (AFM像)



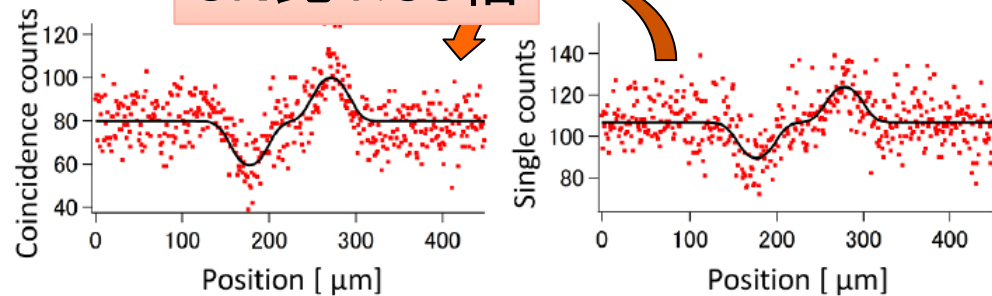
もつれ光



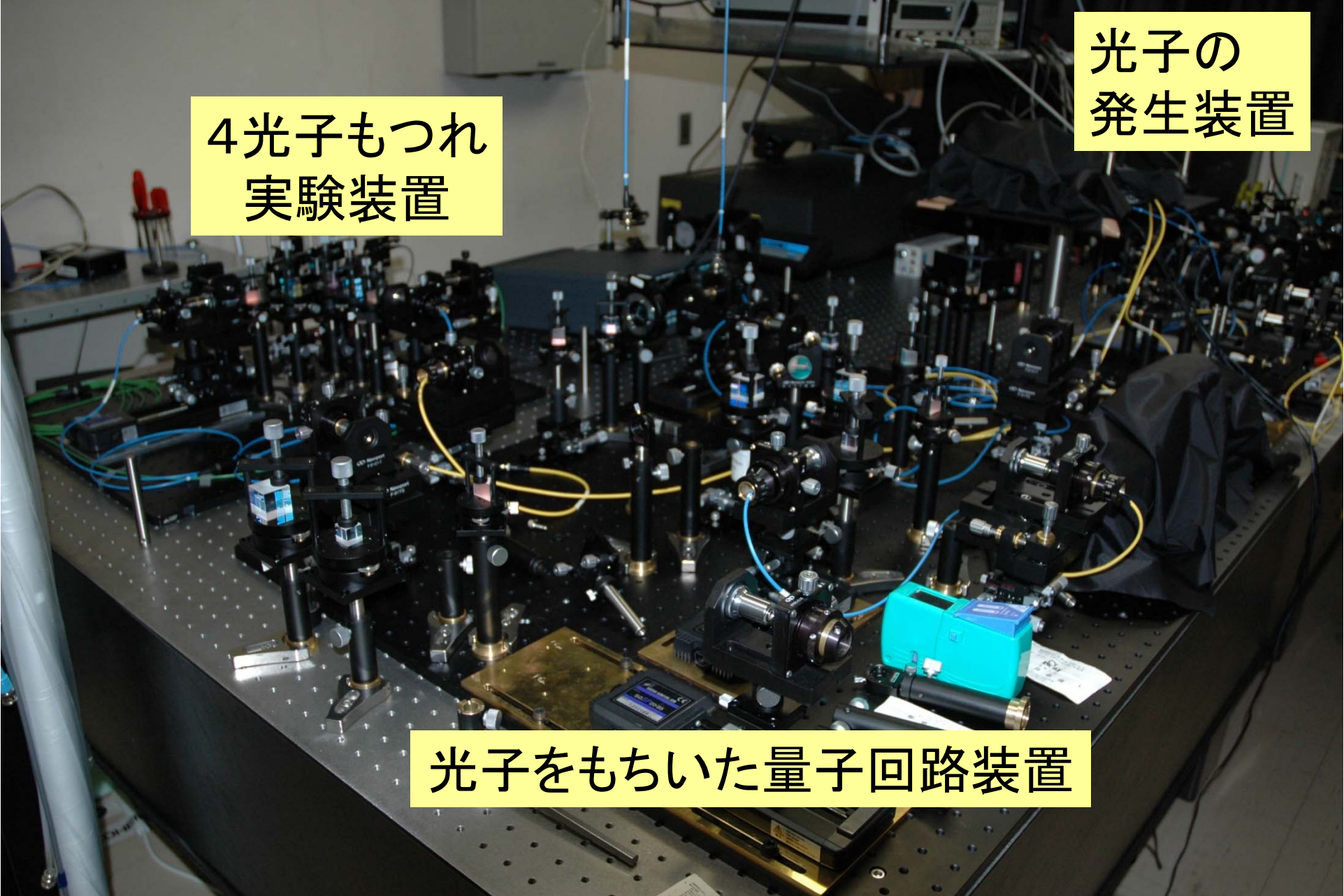
古典光



SN比1.35倍



Ono, Okamoto, Takeuchi, Nat. Comm. (2013)



4光子もつれ
実験装置

光子の
発生装置

光子をもちいた量子回路装置