

# 量子情報分野の 研究・人材育成拠点について

内閣府

平成31年4月18日

大阪大学先導的学際研究機構  
量子情報・量子生命研究部門長

北川勝浩

**Quantum Information and Quantum Biology Division**  
Institute for Open and Transdisciplinary Research Initiatives  
Osaka University

# 量子情報：量子物理学と情報科学の学際融合

1985-2002 日本での先駆的な基礎研究    2008 ベル研が基礎研究撤退    2013-19 量子コンピュータ

**量子計測**    1985 NTT民営化 基礎研究強化

欧米中で巨額の研究投資

Quantum nondemolition measurement of the photon number via the optical Kerr effect

N. Imoto<sup>1</sup>, H. A. Haus<sup>2</sup>, and Y. Yamamoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>NTT Basic Research Labs., <sup>2</sup>MIT

Phys. Rev. A (1985)

## 量子テレポーテーション

Teleporting an unknown quantum state via dual classical and Einstein-Podolsky-Rosen channels

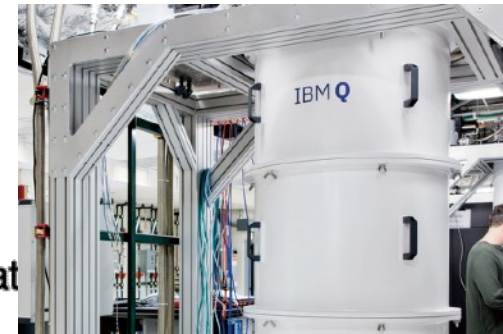
Charles H. Bennett, *et al.*

IBM Thomas J. Watson Res. Center

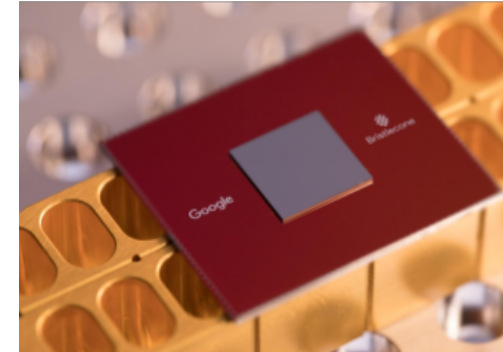
Phys. Rev. Lett. (1993)



16量子ビット



Google 72量子ビット



大学の研究室を超える  
強い専門家集団を作る人事

Squeezed Spin States  
M. Kitagawa, M. Ueda

NTT Basic Research Labs.

Phys. Rev. A (1993)



## 量子アルゴリズム

Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring

P. W. Shor

AT&T Bell Labs.

FOCS (1994)



Bell Laboratory



企業研究所の  
基礎研究が貢献  
先駆的グループ

の存在

Coherent control of macroscopic quantum states in a single-Cooper-pair box

Y. Nakamura<sup>1</sup>, Yu. A. Pashkin<sup>2</sup>, J. S. Tsai<sup>1</sup>

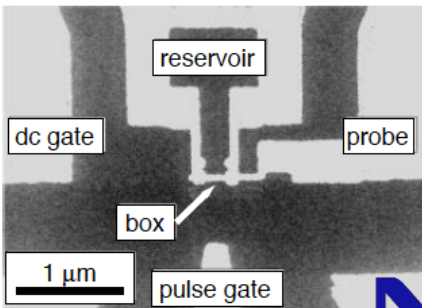
<sup>1</sup>NEC Fundamental Research Labs.

<sup>2</sup>CREST JST

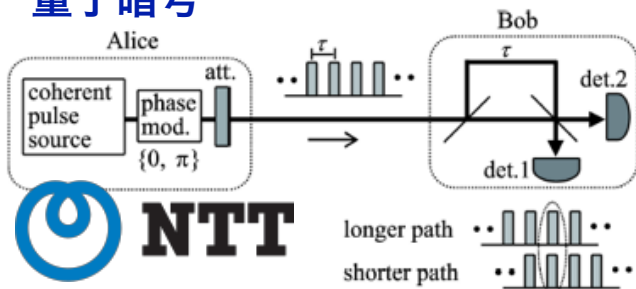
Nature (1999)



超伝導量子ビット



量子暗号



Differential phase shift quantum key distribution

K. Inoue<sup>1</sup>, E. Waks<sup>2</sup>, Y. Yamamoto<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>NTT Basic Research Labs.,

<sup>2</sup>E.L.Ginzton Lab. Stanford Univ.

Phys. Rev. Lett. (2002)



# 量子情報 研究・人材育成拠点の必要性

- 量子情報は企業の基礎研究所の貢献大

- 1985年～日本企業の基礎研究ブーム（外圧と国策）
- 情報は**出口志向**（計測、通信、計算）
- 情報の物理は新しかった
- IBM, AT&T Bell → IBM, Google, Microsoft,...
- **タイムリーな人事で専門家を集めて先導**

- 大学の問題点

- 定員漸減 x 硬直化した人事制度
  - **スクラップ出来ない**ので、**新しいものをビルド出来ない**
  - 若者にとって数年の**任期付研究職は全然魅力的でない**
- 特定分野の**専門家を集める尖がった人事が困難**
  - **専攻内の分野バランス重視**（結果的に、旧来分野の温存、新興分野の抑制）で、**シナジーのある人事がやり難い**



# 量子情報 研究・人材育成 大阪大学の取り組み

- 1993年～2019年の26年間で、量子情報研究者は1人から26人に増
- 多くの競争的外部資金獲得と量子情報博士人材育成の実績
- 京都大学とともに関西の量子情報拠点として機能
  - 90年代 関西量子計算研究会～現在 量子情報関西学生チャプター
- 複数部局・キャンパスに分散：基礎工、理、工、産業科学研究所
- 先導的学際研究機構に量子情報・量子生命研究部門を設置 2018.7.1
  - 学際融合研究・共同研究をカタライズする場 (p.7～9)
  - バーチャル：ポストもスペースも全く無い
  - 時限：～2022年3月末 (基幹経費化しなければ消滅)
  - 低予算：1800万円/年 (既に漸減で火の車)
  - 特任を任期3年で雇用：教授(非常勤)1、准教授(常勤)4、助教(常勤)1 (内4名は競争的外部資金 Q-LEAP、CREST)
- 量子情報卓越大学院 構想 (p.6)

クラウドで全ての参加者を繋ぎ、国・場所・組織の壁を超えた密な連携を参加者に負担をかけずに実現

量子情報の高度な専門教育と関連分野の教育、複数専門家の指導により融合研究を推進し、量子情報の将来を担う博士人材を育成

インターンシップ先など何処にいても講義・研究に参加可能

海外の著名研究者による講義や学位審査、海外インターンシップ、英語力訓練などにより、国際的に活躍できる博士人材を育成

NTT@厚木

履修者@インターンシップ

NICT@小金井

理化学研究所

NTT@武蔵野

メルカリ

わさらぼ

QunaSys

Institute for Quantum Computing  
Univ. of Waterloo

社会人リカレント  
教育履修者

企業への  
アウトリーチ

Perimeter Institute  
for Theoretical Physics

京都大学@吉田

京都大学@宇治

学位審査員@海外

履修者@インターンシップ

大阪大学@豊中

大阪大学@吹田

量子情報卓越大学院

NICT@神戸

履修者

履修者

履修者

大阪大学

Univ. of New Mexico

高校生・大学生への  
アウトリーチ

一般市民への  
アウトリーチ

ゲストスピーカー

クラウド講義を補完するスクリーニングによるネットワークの確立

社会人リカレント教育プログラムを併設し、企業の人材育成ニーズに応えるとともに、その収益で卓越大学院を持続的に発展

高校生・大学生・一般市民へのアウトリーチによる、量子情報分野への高校生・大学生の進学促進と博士人材ダイバーシティの拡大



# 大阪大学 量子情報・量子生命研究部門(QIQB)

- 量子情報は量子物理学と情報科学・計算機科学との学際融合領域として発展し、量子暗号、量子コンピュータ、量子シミュレータなど、古典物理学に基づく現在の情報通信・情報処理技術を凌駕する量子技術を創出

- 渡り鳥のコンパスや光合成など生命でも量子現象が発見され、量子情報と生命科学の学際融合領域として量子生命科学が誕生



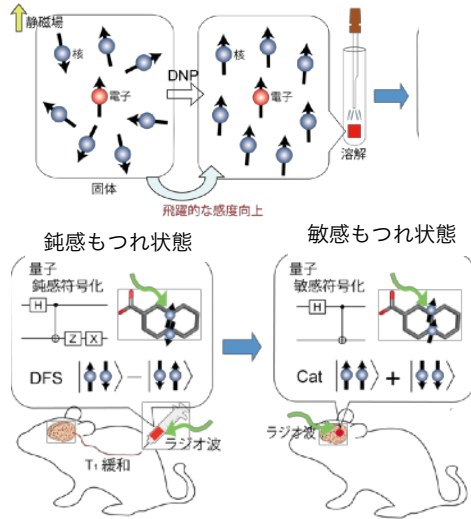
M. Fisher  
量子脳仮説  
の実験検証



- 量子情報で生まれた量子もつれなどの新概念は、ブラックホールからミクロな量子多体系、生命までを繋ぐ共通言語として、学術のさらなる融合・深化の触媒として期待

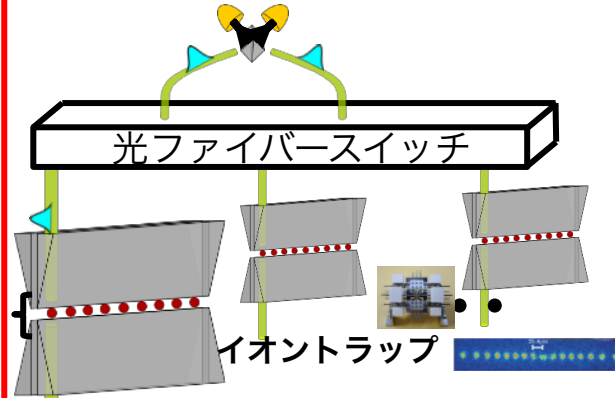
# 大阪大学QIQBの重点的取り組み

## 室温超偏極量子センサ (超高感度MRI)



社会課題：国民のQOL向上、医療の効率化、社会保障費の圧縮  
 ←リアルタイム代謝イメージングによるガン治療効果の高速判定  
**量子生命科学への発展**

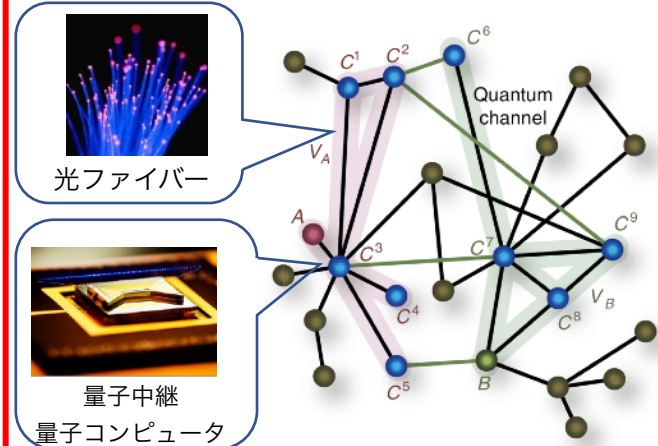
## 光結合イオントラップ 量子コンピュータ



20量子ビットx20 = 400 量子ビット

社会課題：食料・エネルギー・資源問題の解決  
 ←量子コンピュータによる量子化学計算で化学反応、新物質の設計  
**アナログ量子シミュレータから  
デジタル量子コンピュータに発展**

## 量子インターネット



社会課題：世界規模の情報セキュリティによる安全安心な社会の実現  
 ←量子中継と量子通信網に基づく量子情報の大規模ネットワーク  
**point-to-pointの量子暗号通信から  
グローバルな量子インターネットに発展**

## 汎用量子ミドルウェア

(量子センサ、量子コンピュータ、物理系は汎用)

**量子情報技術全般の社会実装を加速する共通基盤を確立**



**起業**

**起業準備中**

## 量子アルゴリズム・ソフトウェア

社会課題：食料・エネルギー・資源問題の解決  
 ←量子コンピュータによる量子化学計算で化学反応、新物質の設計、本格的な量子コンピュータの実現  
**量子化学、量子機械学習、誤り耐性量子計算**





# 量子情報研究センターの必要性

- 複数の大学・機関に量子情報研究拠点（研究センター）を設置
  - 専任研究ポスト：最低でも任期10年（WPI型）+5～10年延長可能性
  - 人事・運営は大学・機関から独立させて、信頼できる量子情報専門家（センター長として国が任命）に任せる
  - 大学・機関とのシナジーを重視して拠点を設置
    - 設置は、量子情報の顕著な研究実績、トップを牽引できる人材、国際的に源流と認知された研究（オリジナリティー）の存在が前提
    - 強いところをさらに強くして国際競争力をつける
- 量子情報人材育成の問題点と解決策
  - 分野が若いので量子情報専攻が存在しない
  - 専門家が複数の大学・機関・専攻に分散して孤軍奮闘
  - 研究センターと大学は相互に兼任可能にし、研究人材育成にコミット
- 複数の独立研究センターをネットワーク化
  - 競争、分業、協力、人事交流