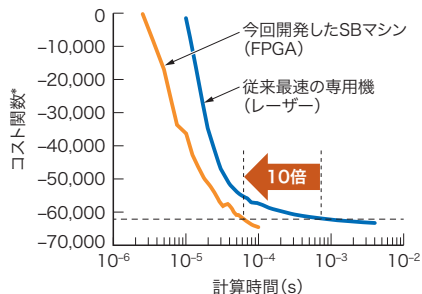
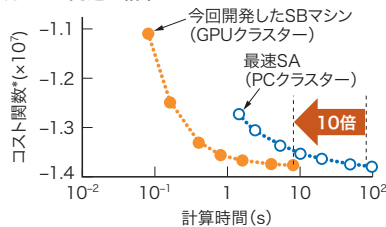


組み合わせ最適化問題を世界最速・最大規模で解く シミュレーテッド分岐マシン

2,000ビット問題の結果



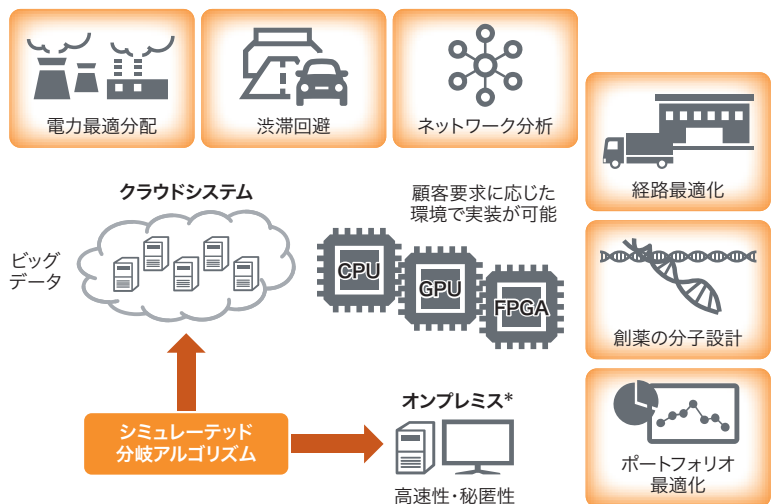
10万ビット問題の結果



*低いほど最適解に近い

従来手法とSBマシンのパフォーマンスの比較結果

Results of comparison of performance of conventional techniques and simulated bifurcation (SB) machine



*自社運用

SBマシンの社会実装例

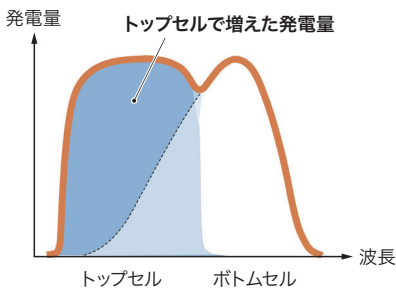
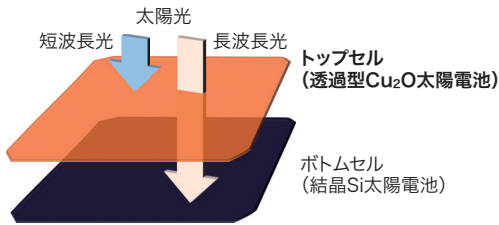
Examples of application of SB machine to various social and business fields

膨大な組み合わせの中から最適なものを見つけ出す組み合わせ最適化問題は、物流の最適経路探索や、金融のポートフォリオ最適化、創薬の分子設計など、社会や産業分野で頻繁に現れる。しかし、組み合わせの数が問題サイズに対し指数関数的に増加する“組み合わせ爆発”のため、短時間で解くことは困難で、量子計算機のような新しい計算機が期待されている。

当社は、2016年、組み合わせ最適化専用の量子計算機“量子分岐マシン”を理論的に提案した。今回、その理論を応用し、従来のデジタル計算機で組み合わせ最適化問題を解くためのアルゴリズム“シミュレーテッド分岐アルゴリズム (SB)”を開発した。従来のアルゴリズムであるシミュレーテッドアニーリング (SA) は、変数を逐次更新するのに対し、SBは、古典力学の運動方程式を数値的に解くので変数を並列更新できるため並列計算に適し、最新の計算機の高い並列性を生かすことで高速に組み合わせ最適化問題が解ける。2,000ビット問題に対し、FPGA (Field Programmable Gate Array) を用いたSBマシンは、約8,000並列の計算を実行し、従来この問題で最速であったレーザーを用いた専用機の約10倍高速であった。また、10万ビットという大規模問題では、GPU (Graphics Processing Unit) クラスターを用いたSBマシンは、PC (パソコン) クラスターを用いて最速実装したSAマシンの約10倍高速であった。SBマシンを用いれば、FPGAやGPUといった既存の並列計算機の利用で高速かつ大規模な組み合わせ最適化が実現できる。

今後、このFPGAの高速性やGPUの大規模性を生かし、様々な社会課題の解決に取り組んでいく。

亜酸化銅とSiを用いた低コストで高効率なタンデム太陽電池



タンデム太陽電池の高効率発電の原理
Principle of high-efficiency power generation of tandem solar cell



透過型Cu₂O太陽電池
Transmission type cuprous oxide (Cu₂O) solar cell

限られた面積で大出力発電が可能な、低コストの新型高効率タンデム太陽電池の開発に取り組んでいる。これまでの高効率太陽電池には、ガリウムヒ素半導体などのIII-V族化合物半導体を結晶成長技術で積層したタンデム（多接合型）太陽電池がある。発電効率は、広く普及している結晶Si（シリコン）太陽電池の1.5～2倍の32～33%であるが、現在のところ製造コストが結晶Si太陽電池の数百倍から数千倍と高く、幅広い用途には向いていないと考えられる。そこで、安価な亜酸化銅（Cu₂O）による長波長光透過型太陽電池を結晶Si太陽電池と組み合わせたタンデム太陽電池の開発を進めている。

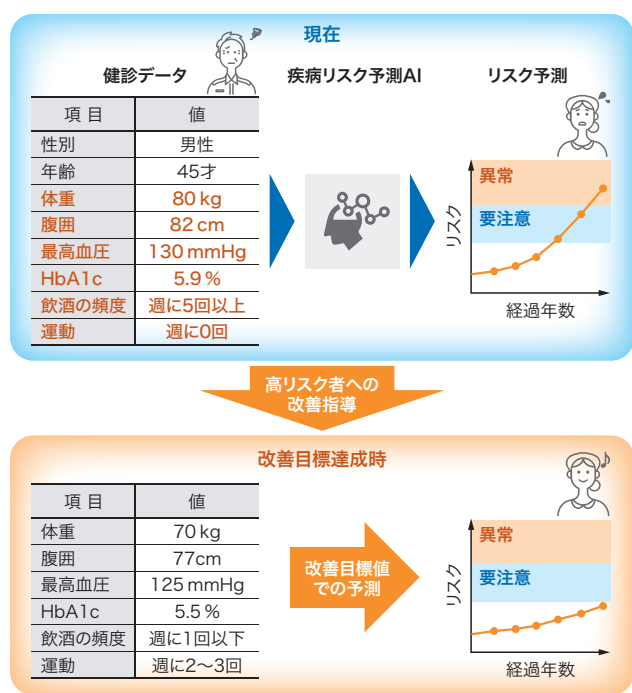
Cu₂Oと結晶Siは、発電する波長が相補的で、Cu₂Oは短波長光で発電し、結晶Siは長波長光で発電する。そこで、両者を重ねれば太陽光を効率良く利用でき、高効率発電が可能になる。独自の薄膜形成技術で、従来は実現できなかった長波長光を透過し短波長光で発電する透過型Cu₂O太陽電池を世界で初めて^(注)実現し、発電効率22%の結晶Si太陽電池と組み合わせて効率24.2%を達成した。透過型Cu₂O太陽電池の主成分である銅の酸化物Cu₂Oは、地球上に豊富に存在するため、低コスト化が期待できる。

現在、発電効率30%台のタンデム太陽電池技術の開発を行っており、自家発電システムや、地域ごとの分散電源への適用、メガソーラーの高出力化、電動モビリティへの応用など、太陽光発電を使った新事業創出につなげていく。

(注) 2019年1月時点、透過型Cu₂O太陽電池として、当社調べ。

関係論文：東芝レビュー、2019、74、1、p.30-34。

健康診断データによる生活習慣病リスクの予測技術



HbA1c:ヘモグロビンエーワンシー

疾病リスクの予測技術を用いた生活習慣の改善指導

Lifestyle improvement guidance using disease risk prediction technology

研究開発センター

身長や、体重、生体検査値などの健康診断データを入力し、生活習慣病発症リスクを予測する技術を開発した。健康診断を行うクリニックへ予測サービスとして提供し、生活習慣に対してきめ細かい改善指導を行うことで、QOL (Quality of Life : 生活の質) の向上を目指す。

改善指導が必要とされる根拠説明ができるランダムサバイバルフォレストという予測モデルを採用し、東芝健康保険組合の大規模な匿名化済み健康診断データを用いた学習と、独自手法による最適化により、6年以内の糖尿病発症リスク予測でAUC (Area Under the Curve)^(注1)0.9以上という世界トップレベル^(注2)の精度を達成した。

今後は、対象とする疾病を拡大し、大学などと連携しながら、ゲノムデータによる個人の体質に応じた予測モデルの開発などにも取り組んでいく。

(注1) 2クラス分類の性能を示す指標で、1に近いほど精度が高い。

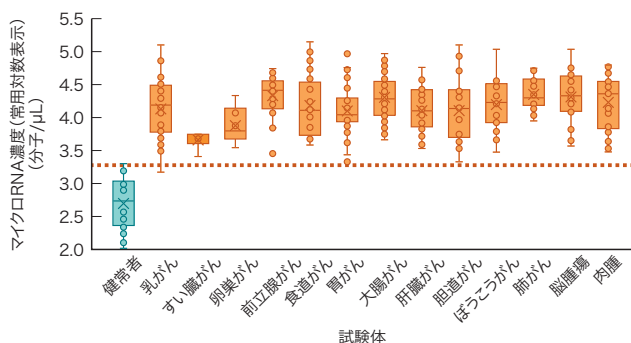
(注2) 2019年10月現在、健康診断データによる予測において、当社調べ。

簡便な血液検査だけでがんを早期発見するマイクロRNA 検出技術



マイクロRNA チップと小型検査装置

microRNA chip and compact cancer detection apparatus



13種類のがん患者と健常者の血液中マイクロRNA濃度測定結果

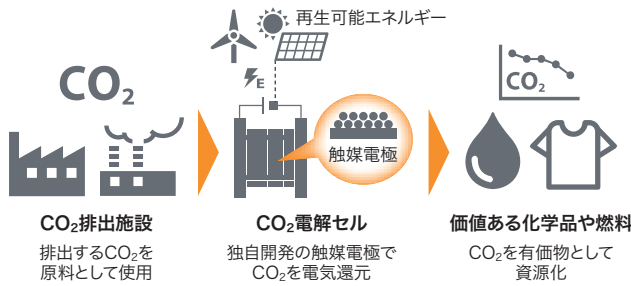
Results of microRNA concentration measurements in blood of patients with 13 types of cancer and healthy subjects

研究開発センター

1滴の血液で早期がんを高精度に識別できる、マイクロRNA (リボ核酸) 検出技術を開発した。大腸がんやすい臓がんなど13種類のがんの患者と健常者を99%の精度で網羅的に識別可能で、従来では発見が難しかった、ステージ0の超早期がんも識別できることを確認した。簡便な血液検査で、高精度ながんの早期診断が期待できる。

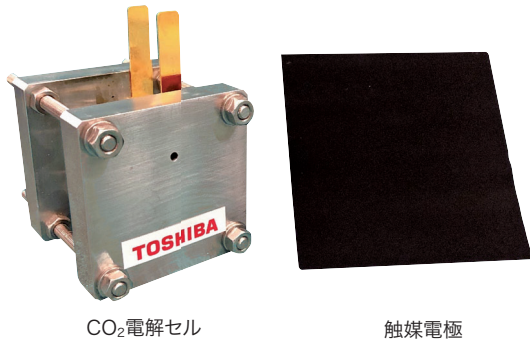
この技術は、独自のマイクロRNA増幅技術とマイクロRNAチップから構成される。マイクロRNAは、細胞内で遺伝子の働きを制御する分子で、体内にがんができると特定のマイクロRNAが細胞から血液中に分泌される。血液中から分離したマイクロRNAは、マイクロRNAチップと専用の小型検査装置で2時間以内に検査でき、人間ドックなどの即日検査に適応することが可能である。この技術の臨床適用に向けた、学校法人東京医科大学及び国立研究開発法人 国立がん研究センターとの共同研究で、がん患者の血液を健常者と識別できることを実証した。

■ CO₂の資源化技術 — Power to Chemicals



CO₂資源化の概要

Outline of power-to-chemicals concept to produce valuables from carbon dioxide (CO₂) using renewable energy



CO₂電解セルと開発した触媒電極

CO₂ electrolysis cell and newly developed catalyst electrode

研究開発センター

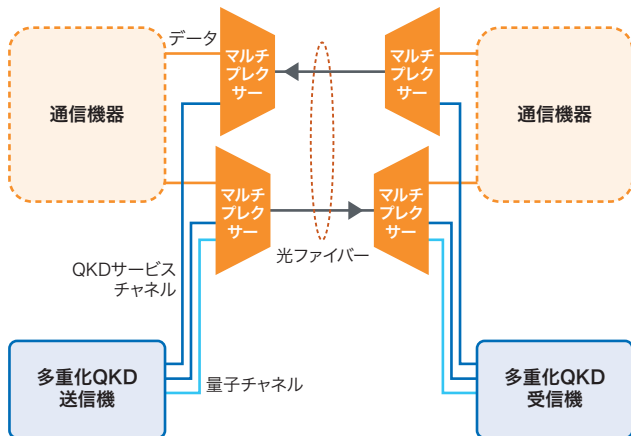
脱炭素社会の実現に向け化石資源依存からの脱却が課題となっている中、二酸化炭素(CO₂)を資源として有効利用する技術開発が進められている。

今回、独自開発した触媒電極を用いたCO₂電解セルによって、CO₂から化学品や燃料の原料となる一酸化炭素への変換で、従来の約450倍にあたる世界最高レベル^(注)の変換速度を達成した。固体(触媒)、気体(CO₂)、液体(水)の三相での同時反応(三相界面反応)ができる触媒電極を開発し、CO₂ガスの拡散性に優れた多孔質性の触媒層構造を適用した結果、常温常圧環境下の電流密度700 mA/cm²で、ファラデー効率92%という高い処理速度を実現した。

この技術により、システム設置面積の省スペース化が図れる。また、将来的には産業施設や火力発電所などのCO₂排出施設に近接してシステムを設置することで、太陽光や風力などの再生可能エネルギーを活用したCO₂からの有価物製造(Power to Chemicals)が実現できる。

(注) 2019年3月現在、当社調べ。

■ 量子暗号鍵配信の実証実験



多重化QKDシステムの構成例

Example of configuration of multiplexed quantum key distribution (QKD) system

単一光子を用いて情報を符号化することで通信の秘匿性を保証する量子暗号鍵配信(QKD)は、実用化への技術開発が急速に進み、商用化に向けた機が熟しつつある。商用化への重要なステップとなる見込み顧客とのフィールド実証実験に向け、今回、2種のQKDシステムを設計・開発した。一つは、QKDと広帯域データ通信を1本の光ファイバーで実現する多重化QKDシステムで、もう一つは、高速鍵配信と長距離通信ができる高性能QKDシステムである。

これらのシステムでは、広く普及している光通信機器との接続性を担保するように設計した。従来、QKDの実証実験には未使用回線を占有する特殊な構成が必要であったが、これらのシステムは、既存通信インフラへの展開が容易なため、通信事業者による採用促進が期待される。既に、両システムとも、世界各国の見込み顧客と実験室やフィールドで実証実験を行い、動作検証されている。

東芝欧州研究所