

# Web2.0 と衛星通信技術

飯田尚志 (SJR 編集委員会顧問)

## 1. はじめに

Web2.0 が最近話題になっている。ただ、筆者の不勉強のため、Web2.0 について知っている用語は次のようなものしかない。

- ロングテール
- グーグル (Google)
- グーグルは世界中の情報を組織化する
- 検索サイトの計算機は莫大な規模
- グーグル・アース (Google Earth)
- アドセンス
- グーグルネット
- ネットワークのあちら側
- Wikipedia

したがって、本文はこれらの用語について解説するのが目的ではなく、これらの用語の結びつきに主眼を置いて、筆者の解釈するところを記述するとともに、衛星通信技術の立場、さらに AIAA-JFSC (日本衛星通信フォーラム) 活動の立場から将来をどう見通したらいいのか、について書きたいと思う。

いずれにしても、Web2.0 というのは新しい動きであり、社会のビジネスの形態を変革していく産業革命に匹敵する変革をもたらすのではないか<sup>(1)</sup>という意味で注目していく必要がある。

## 2. Web2.0 とは

Web2.0 とは、テクノロジー関連のマニュアルや書籍の出版会社である米国の O'Reilly Media 社の CEO、Tim O'Reilly 氏が提唱した概念であるということである<sup>(2)</sup>。平成 18 年版の総務省情報通信白書<sup>(2)</sup>に初めて Web2.0 に関する記述が記載されたとのことであるが、次のように記されている。「Web2.0 は、現時点では、特定のサービスや技術を指すものではなく、また、明確な定義が存在するものではないが、……Web2.0 という新しい潮流のポイントの一つは、ウェブをプラットフォームとすることにある。これにより、社会に分散して存在する多数の利用者は、OS (オペレーティングシステム) やアプリケーション、あるいは端末の制約を受けることなく、ネットワークを介して結び付き、多様な知識を集結しつつ、様々な形態の協働 (コラボレーション) を行うことが可能となる。そして、このような協働システムを活用したビジネスやサービスが現実化しつつある。またこの点で、Web2.0 は単なるコンセプトにとどまるものではない。」

日本経済新聞<sup>(3)</sup>によると Web2.0 とは、「高速通信の普及で同時双方向的なやりとりが可能

になって進化したウェブの状況を総称する言葉」だとし、3つの特徴として、①消費者個人が情報の受信者と同時に発信者にもなったこと、②ソフトウェアのサービス化、③ウェブサイトが技術仕様を公開して他のサイトが勝手に連動したサービスを提供できるようにする現象が広がったこと、を挙げている。

その技術革新の中心が Google という会社であるということである。それでは Web2.0 と Google がどう結び付くかという視点で文献(1)を読んでもみると、サンタフェ研究所の W・ブライアン・アーサー教授の技術革命史観<sup>(4)</sup>を引用して、20世紀後半に始まった情報革命は、産業革命に匹敵するような革命的变化のパターンとしては10年・20年単位での「大規模な構築ステージ」が伴うものであるが、この「大規模な構築ステージ」を、1990年代には誰もが「情報スーパーハイウェイ」という物理的なITインフラの構築なのだと考えていた。しかし、実際に21世紀初頭に明らかとなったのは「大規模な構築ステージ」で作られるのはITインフラではなく、I (information) インフラで、それによって「情報そのものに関する革命的变化」が起ころうとしている。Iインフラの本質は情報を手元において扱う「こちら側」の論理ではなく、インターネットの「あちら側」に作られる情報発電所ともいべき設備で、このことに最初に気づき、創業からわずか7年で画期的な大成功を収めたのが Google という会社ということである<sup>(1)</sup>。この Web2.0 をもたらす原動力が、インターネット、ムーアの法則に基づくチップ革命、リナックスに代表されるオープンソースの3大潮流であるということである<sup>(1)</sup>。この潮流に乗って Google は「増殖する地球上の膨大な情報をすべて整理し尽くす (Google's mission is to organize the world's information and make it universally accessible and useful.<sup>(5)</sup>)」という理念の下に1998年に創設されたベンチャーである。

全世界に存在する情報量は5エクサバイト (ExaByte) (50億ギガバイト)といわれている<sup>(6)</sup>。Google といえどもまだ整理した情報は170テラバイト (17万ギガバイト) だということ<sup>(6)</sup>、これは全世界の情報量の0.0034%に過ぎない。Google はインターネットを利用してビジネスを展開しているが、従来のこのような企業と異なるのは、技術を中心に据えてビジネスを進めている会社だということである。つまり、一旦出来上がってしまえばネットワークが自動的に利益を生み出してくれる構造を作り出している。そのようなものとして、内容の説明は省略するが、インターネットによるチップ革命により、小規模な作業に経費が掛からなくなりロングテール (Long Tail) 現象がおきる、またアドワーズ (AdWords)、アドセンス (AdSense) のようなものが作られ、その広告収入を基に、ユーザには利用料なしに利用できるグーグルアース (Google Earth) やグーグルネットが提供されている。特にグーグルネットは無線 LAN を使い、利用者に無料で通信システムを提供するもので、もし成功すれば、従来の通信キャリアーにも重大な影響を及ぼすものとなると思われる。もし、これが衛星通信分野に広がれば大きな影響を受けることになると思われる。

一方、情報発電所というのをハードウェアの側面で見ると、Google では30万台以上のパソコンを繋いだシステムを使っているといわれており<sup>(1)</sup>、Google の他に Yahoo や Microsoft などが検索エンジンのデータベースとして使用しているコンピュータは膨大なものとなっているようである。そのため、使用する電力も膨大で5GW (100万キロワット発電所5基分) に近づいているといわれており、電力料金の安いオレゴン、ワシントン、モンタナ州を流れるコロンビア川沿いの山中にコンピュータ群を集中して設置しており、コンピュータセンターと外部とは640Gbpsの光ケーブルで結ばれているとのことである<sup>(7)</sup>。

### 3. Web2.0 と衛星通信技術

実は Web2.0 と衛星通信技術との接点は、通信回線を提供するという以外、今のところ乏しいように思われる。そこで、接点となると思われる例を挙げることにする。

#### 3.1 Cloud Computing On-Orbit<sup>(7)</sup>

これは、前節で述べたように検索エンジンは膨大なコンピュータ群を使用し、その電力は膨大であることから、コンピュータ群そのものを宇宙に上げ、そこで計算をさせるシステムである（図1参照）。しかも、LEO 衛星群を使うことにより、ユーザとの通信回線距離を短くできる利点がある。この構想は Grady 氏が"Cloud Computing On-Orbit"と題して、2006 年 11 月 13~16 日にハワイで開催された JUSTSAP (Japan U.S. Science, Technology and Space Applications Program) 2006 の Space Application Working Group で発表したものである。

従来太陽発電衛星構想というのは、発電そのものを静止衛星で行い、その電力を地球に電送するという構想のものであった。しかし、この発想は、電力を多量に消費する情報処理機能を宇宙に上げ、地球上で情報処理に使われる電力を宇宙で消費し情報処理結果を地球に伝送する、すなわち地球上で情報処理に使われる電力分だけ宇宙で発電したのと同じ効果をもたらすという意味で、従来の太陽発電衛星とは違った概念であると思われる。この構想を実現するためには多くの技術開発が必要と考えられる。搭載スーパーコンピュータも必要かもしれない。嘗てより搭載スパコンの開発の噂は聞いていたが、実際に JPL では開発されているということである<sup>(8)</sup>。

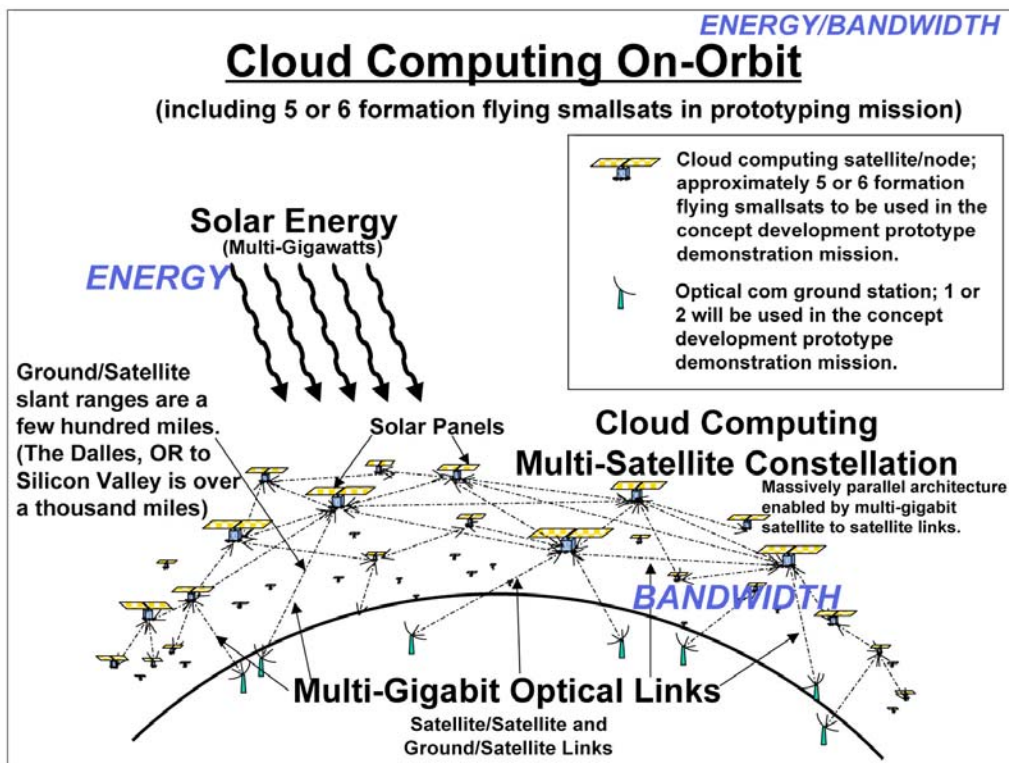


図1 Cloud Computing On-Orbit の概念<sup>(7)</sup>

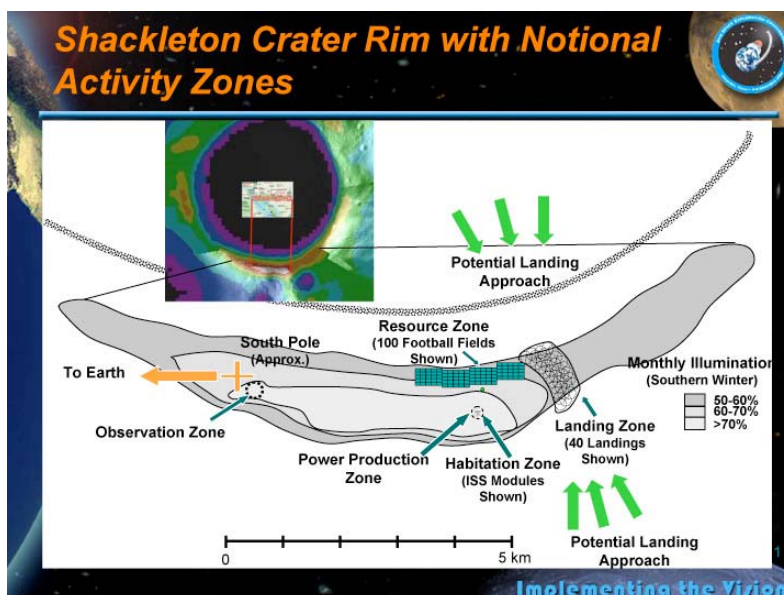


図2 NASA 提案の月面基地<sup>(10)</sup>

### 3.2 月面有人コミュニティにおける Web2.0 の利用<sup>(9)</sup>

NASA は 2020 年までに有人月面活動の再開を目指している。当面は月の南極に相当する場所に図2のような拠点を作ることを目指しているようである<sup>(10)</sup>。ところで、このような月面に有人基地ができ、将来、ある程度の規模の月面有人コミュニティができることを想定し、そのとき、そこに滞在する人々がインターネットによる Web2.0 を使うようになることを想像する。

一般に図3に示すように、Web2.0 が構成されている社会である地球の外にコミュニティを作り、そこでも Web2.0 を構成する場合を考える。もし、両者の距離  $d$  が近く、その伝

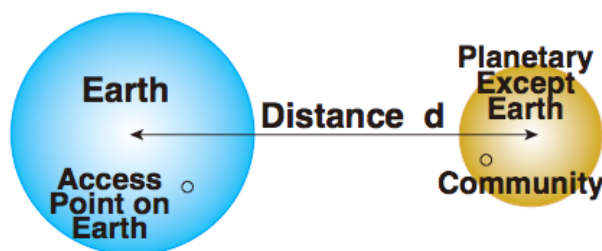


図3 月基地までの距離

搬遅延が十分小さいならば、例えば月面有人コミュニティならば、往復の遅延時間は 3.4 秒であり、地球のコミュニティにアクセスすれば問題なく、地球と一体となったネットワークを構成することができる。この場合の通信システムは図4のようなものが考えられる

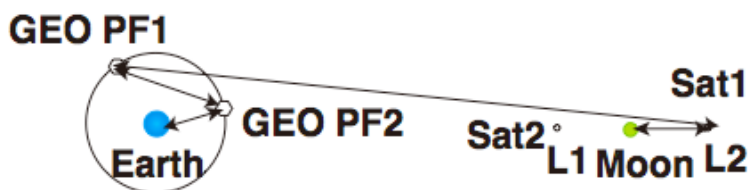


図4 月-地球間通信システムの例<sup>(11)</sup>

<sup>(11)</sup>。したがって、月面有人コミュニティならば月・地球間通信システムで大丈夫であろう。

### 3.3 火星有人コミュニティにおける Web2.0 の利用<sup>(9)</sup>

次に、火星有人コミュニティを考える。火星に有人飛行するのはまだ当分将来の話であり、さらに火星に有人コミュニティができると想定するのは更に更に将来のことになってしまうが、火星に有人コミュニティができたときに Web2.0 的発想からは何をすればよいかを考えるのも技術の発展を促進する観点からは興味がある。

この場合、**図3**に戻って考えると、地球と火星の距離は最小約  $0.78 \times 10^8 \text{ km}$ 、最大約  $3.8 \times 10^8 \text{ km}$  であるので、往復の伝搬時間は最小約 8.7 分、最大約 42 分となる。実際には太陽妨害を避ける形の通信システムを組む必要があるので、ラグランジェ点を組み合わせて**図5**のような通信システム<sup>(12)</sup>を組んだとすると、往復伝搬遅延時間は約 64 分となる。この状態において、もし火星から地球上の Web2.0 ネットワークにアクセスした場合、返答は約 1 時間後ということになり、とても使用に耐えないであろう。したがって、少なくとも火星上にも地球上と同じような検索エンジンのデータベースを構築しておく必要がある。

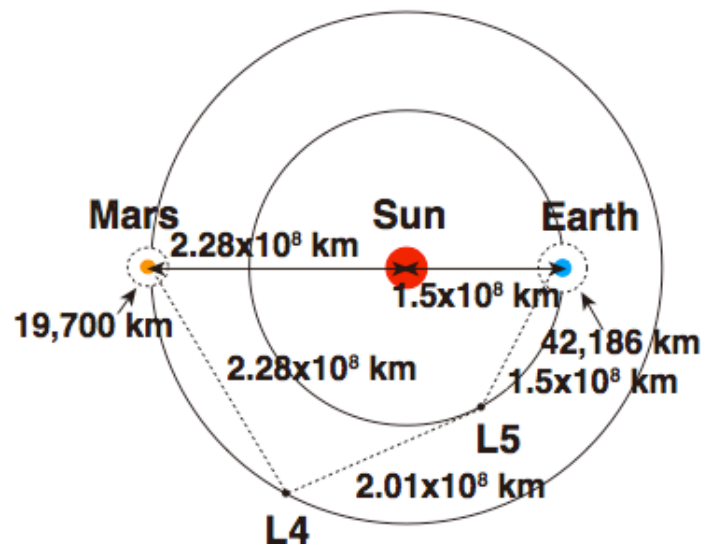


図5 火星-地球間通信システムの例<sup>(12)</sup>

### 3.4 将来技術への要求条件<sup>(9)</sup>

3.3 で述べたように、火星上に地球上と同じような検索エンジンのデータベースを構築することを考えるが、Google の場合 30 万台以上のパーソナルコンピュータを接続しているとすると膨大なシステムであるので、火星に設置する場合の技術課題は以下のようなものが考えられる。

#### 重量

パソコン 1 台 10 kg として 30 万台では 3,000 トン。ロケット 1 機で 10 トン運搬できるとしても 300 機必要。

重量を 1/1,000 程度（総重量 3 トン）にする必要がある。

#### 電力

200 W/台として 30 万台では 60 MW 必要。

1/1,000 として 60 kW 程度にする必要があるろう。

#### 容積

0.05 m<sup>3</sup> (0.5 X 0.5 X 0.2 m を仮定) /台として 30 万台では 15,000 m<sup>3</sup>。100 X 30 X 5 m の建物となり、体育館程度必要。

やはり 1/1,000 として 15 m<sup>3</sup>。4 m $\phi$  X 2 m 程度。

以上より、重量、電力、容積を 1/1,000 程度に小さくする必要があるろう。

この場合、どの程度の通信容量が必要か計算してみよう。Google の検索エンジンサイトに蓄積されている情報量は前述のように 170 テラバイトと言われている。この情報を地球上の検索エンジンの内容と合わせておくための通信容量を計算する。170 テラバイトを 1 日で書き直すとする、通信容量は 14 Gbps 必要となる。現在火星・地球間の通信として考えられている光通信の場合、伝送速度は 100 Mbps といわれており<sup>(13)</sup>、この場合 140 倍程度の伝送容量が必要になる。準ミリ波帯またはミリ波帯を用いた場合は、1 Mbps 程度であるので<sup>(12)</sup>、14,000 倍程度の伝送速度となる。ただし、170 テラバイト全部でなく、データベースが 2 週間毎程度に更新されると仮定すると、1 日当たりの更新データ量は 12 テラバイト程度であるから、1.124 Gbps のデータ伝送速度となる。この場合、現在の 11 ~1,100 倍程度の伝送速度が必要と考えられる。したがって、伝送速度も約 1000 倍のオーダーの改善が必要と考えても良さそうである。

次に、地球上の Web データ全体を火星に移すことを考える。全世界で 1 年間に生み出される情報の総量は 1 エキサバイト (10 億ギガバイト) という単位で量られる時代に入り、今後 2 年間に我々が目にする情報量は人類が過去に目にした全情報量より多い、という情報爆発<sup>(14)</sup>が起こっている時代といわれる。前述したように、全世界に存在する情報量は 5 エキサバイト (50 億ギガバイト) といわれているので、仮に、全世界で 1 年間に生み出される情報の総量を約 2 エキサバイトとし、2 エキサバイトを 1 年間で火星に発信するとすれば、必要な通信容量は 16 エキサビットを 1 年 (3.1536x10<sup>7</sup> 秒) で伝送するのであるから 0.5 Gbps となり、現在の 5~500 倍の伝送速度が必要と見込まれる。したがって、オーダーとしては 100 倍と見てよいであろう。

このように将来必要な技術はコンピュータと通信の性能向上を求めている。このような要求条件を満たすのにどのような技術を開発すればよいであろうか。今後の研究開発に待たねばならないが、将来の話であるので、大きな技術革新が起こるかもしれない。ここで、登場するのが量子情報科学である。というのは量子情報科学は情報とエネルギーの関係を追究するものであり<sup>(15)</sup>、この意味で宇宙技術との関係も深いと考える。また、量子情報技術はナノ技術とバイオ技術の発展を促す。したがって、量子通信、ナノ、バイオ技術を将来開発すべき技術をして挙げる<sup>(16)</sup>ことができる。

量子通信技術により遠距離の超高速通信が可能になるであろうし、バイオ技術を応用したコンピュータの使用電力が自然雑音レベルとすれば 30 万台としてもたいしたことではない。ナノ技術を活用して自己修復可能デバイスができれば故障も少なくなる。量子通信、ナノ、バイオの各技術についてのデルファイ法による技術予測調査が実施された<sup>(17)</sup>。結果は次のとおりである (括弧内は実現年)。

量子通信技術：現在の光通信の 100 万倍高速の大容量通信を惑星探査衛星等と行うための量子通信技術(2029)

ナノ技術：自己修復可能な宇宙機器(2030)

バイオ技術：熱雑音エネルギーレベルで動作する衛星搭載用コンピュータ(2031)  
なお、上記量子通信技術において光通信の100万倍高速の根拠は文献(18)に詳述されている。

#### 4. JFSC 活動の Web2.0 への整合

Web 2.0 に関連して、何らかの意味で JFSC 活動と整合をとるのは有意義なのではないかと考える。例として考えられる項目を以下に列挙する。

ロングテール現象の積極的活用

Google アドセンス (AdSense) の活用

現在の Space Japan Review (SJR) ホームページへのリンクを開放し、他の個人的ホームページでの引用を許可

個人的ホームページで SJR を活用・広告掲載を可とし、Google のアドセンスに登録

Google よりの売り上げの xx% を SJR 活動資金に活用の可能性の検討

衛星通信のブログの立ち上げ

毎月の SJR 編集委員会の議事録が話題となるか検討

Wikipedia での衛星通信語彙解説充実活動

人工衛星または衛星通信という項目でかなり解説されているが、SJR 編集委員から見て十分なものかどうか検討し、必要なら編集に協力

#### 5. おわりに

2006 年 5 月の SJR 編集委員会のときに Web2.0 への動きについて文献(1)を話題とさせて頂いた。この本で Google が検索エンジンを手始めに知の世界の秩序の再編成を目論んでいるということが書かれており、知の再編成という長所とともに短所もあるのではないかと感じていたが、文献(6)を読み、知識のコントロールも可能なことを知り、将来の動向には十分な注意が必要ではないかと思っている。Google 的なビジネスが進行してくると通信事業そのものも将来どうなるか分からないようにも感じるとともに、地上の通信事業に比べれば規模の小さい衛星通信ビジネスはひとたまりもないことになりやしないか心配になる。

Web2.0 の動向には注意していく必要はあるが、産業革命に匹敵する動きであることを考えると、我々が現在このような大きな変革の時期に遭遇していることは幸運であると思わずにはいられない。

最後に、有益なディスカッションを賜った SJR 編集委員会の皆様に感謝します。

#### 参考文献

- (1) 梅田望夫: "ウェブ進化論 - 本当の大変化はこれから始まる", ちくま新書, Feb.10, 2006.
- (2) 平成 18 年版情報通信白書,  
<http://johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h18/index.html>

- (3) "次の 10 年を読む 進化するネット 2016 年〇月 × 日, デジタルな未来 キーワード Web2.0", 日本経済新聞(朝刊), Dec.1, 2006.
- (4) Prof. W. Brian Arthur: "Where the Economy is Heading", Legg Mason Funds Management Investment Conference, Nov.8, 2003.  
<http://www.leggmason.com/billmiller/conference/illustrations/arthur.asp>
- (5) <http://www.google.com/intl/en/corporate/index.html>
- (6) 佐々木俊尚: "グーグル Google 既存のビジネスを破壊する", 文春新書, No.501, Apr.20, 2006.
- (7) Jim Grady: "Cloud Computing On-Orbit", Space Application Working Group, JUSTSAP2006, Nov.14, 2006.
- (8) Private Communication with Dr. L.A. Bergman, JPL, Nov.15, 2006.
- (9) T.Iida and Y.Suzuki: "Future Needs for Communication System in the Mars Human Community", AIAA 25th ICSSC, AIAA2007-3304, Apr.12, 2007.
- (10) Shana Dale: "Exploration Strategy and Architecture", 2nd Space Exploration Conference, Dec.4, 2006.
- (11) T.Iida, M.Shimada, S.Yoshimoto, Y.Suzuki and K.Hashimoto: "Communication Missions for Geostationary Platforms", Space Communication and Broadcasting, Vol.4, No.6, pp.425-433, Dec. 1986.
- (12) 飯田尚志: "人類活動の拡大と宇宙通信", 日本航空宇宙学会第 3 回宇宙ステーション講演会(招待講演), No.招-6, Apr. 1987.
- (13) B.L.Edwards, S.A.Townes, R.S.Bondurant, J.J.Scozzafava, D.M.Boroson, W.T.Roberts, A.Biswas, A.D.Pillsbury, F.I.Khatri, J.W.Burnside, D.R.Bold, D.V.Murphy, A.K.McIntosh, D.O.Caplan, A.E.Decew, J.Sharma, B.A.Parvin, R.J.Fitzgerald, S.H. Zingales and R.DePaula: "Overview of the Mars Laser Communications Demonstration Project", AIAA Space 2003 Conference and Exposition, Long Beach, California, AIAA-2003-6417, Sep.23-25, 2003.
- (14) 白石明彦: "「書けない」常用漢字 文化審議会国語分科会 見直し議論も", 朝日新聞(夕刊), Nov.14, 2006.
- (15) 広田 修: "量子情報科学の基礎 量子コンピュータへのアプローチ", 森北出版株式会社, Apr.15, 2002.
- (16) M.Tanaka and T.Iida: "Consideration of Future Satellite Communication Technology Lead to New Technology", 23rd AIAA ICSSC, Rome, Italy, No.1000088, Sep.27, 2005.
- (17) "科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 平成 15 年度調査報告書", NISTEP REPORT, No.82, Jun. 2004.
- (18) 佐々木雅英: "量子情報技術とエネルギー", 電子情報通信学会誌, Vol.90, No.3, pp.220-225, Mar. 2007.