

光海底ケーブル敷設と太平洋島嶼国の情報化

研究代表者 奥田隆史 愛知県立大学□情報科学部 教授
共同研究者 松宮朝□ 愛知県立大学□教育福祉学部 准教授

1 はじめに

光海底ケーブルが敷設されるまで、日本とも関係の深いパラオ共和国の国際通信、インターネットは、衛星サービスプロバイダー03b Networks Ltd. が運営する衛星回線を活用している。衛星回線を利用するため通信アクセスが集中すると、回線スピードが遅くなったり、通話やデータ通信が中断されたりすることがたびたび生じている。また衛星回線は天候の影響も受けやすく、厚い雲に覆われる機会の多い雨期（5月～10月）はより多くの通信が中断される。このようなこともあり2016年度の統計ではパラオ共和国でのインターネット普及率は30～35%でとどまっている。しかしながら、パラオ政府の調査では、潜在的には住民のインターネット接続要求は大きいこと、観光客によるアクセス要求も大きいことが示されている。

このようなパラオ共和国に、2017年、大容量光海底ケーブルが敷設される。この敷設により、インターネットを取り巻く通信環境が著しく向上することが期待されている。通信環境向上により、パラオ共和国の情報化がどのように進展していくのかを、パネル調査により明らかにすることが本研究の目的である。また、本研究をとおして得られる知見は、低所得国や太平洋島嶼国でのインターネット普及に向けた課題、デジタル・デバイドの解消のための支援策の検討に貢献するものである。

以下、第2節で本研究の背景として、インターネットと光海底ケーブルについて、ならびにパラオ共和国についてまとめる。第3節では本研究における利用するために利用した3種類の数理モデル（余暇モデル、パスワード生成モデル、いじめモデル）について整理する。第4節では2018年3月ならびに2019年3月にヒアリング調査した結果を踏まえ、インターネット利用者の普及モデルとして出生死滅モデルを示す。第5節では本研究をまとめると共に今後の課題を示す。

2 研究の背景

2-1 インターネットと光海底ケーブル

インターネットはネットワークのネットワークと呼ばれている[1]。別の表現をすれば、様々なネットワークが繋がった全世界を接続する唯一のネットワークとなる[2]。インターネット利用者は、居住している国内の宛先にメールを送信するときと同じように、海外にもメールを送信することができる。ウェブサーバーがどこにあらうとも、国内のサイトにアクセスするのと同じようにアクセスすることができる。

この国境を簡単に超えるアクセスを海の底から支えているのが「光海底ケーブル」である[3][4][5]。なお、光海底ケーブル以前より情報通信は国の命運を握っていたことは紛れもない事実である[6][7][8]。

さて、1999年代は衛星通信と海底ケーブルの通信量の割合はほぼ同等であった。しかしながら2017年になると、テレビ放送を含めた国際間の電気通信の99%が光海底ケーブルを経由している[2]。

情報が海底ケーブルを経由していく背景にはスマートフォンの普及により大容量のデータ需要がある。光海底ケーブルを通じて国家の存亡を左右するような軍事情報、経済情報、金融情報が流れているこの光海底ケーブルを支配することはこの世界を握ることにもなってきた。

最近ではプラットフォームと呼ばれる企業が、自社のサービスを充実させるために光海底ケーブルに投資している。具体的には海底ケーブルへの投資により接続の効率化、サービスの提供地域の拡大が可能になる。とりわけ、単独で構築するようなプライベート海底ケーブルは、自社によりケーブルの設計や敷設方法を完全にコントロールでき、敷設後もルーティングの決定が可能となるため顧客により高速なサービスを提供できるようになるからである[9]。

2017年、大容量光海底ケーブルがパラオ共和国に敷設された。それまでの日本とも関係の深いパラオ共和国の国際通信、インターネットは、衛星サービスプロバイダー03b Networks Ltd. が運営する衛星回線を活用していた。衛星回線を利用するため通信アクセスが集中すると、回線スピードが遅くなったり、通話やデー

タ通信が中断されたりすることがたびたび生じている。また衛星回線は天候の影響も受けやすく、厚い雲に覆われる機会の多い雨期（5月～10月）はより多くの通信が中断されてきた。この敷設により、インターネットを取り巻く通信環境が著しく向上するとともに、デジタル・デバイド解消につながることを期待されてきた[10][11]。

2-2 パラオ共和国の概要

（1）地理と自然

パラオ共和国（Republic of Palau）は北緯2度から8度、東経131度から135度の太平洋西部の北半球側に位置する[12]。国土面積は444km²で、日本の種子島（445km²）とほぼ等しい。首都は2006年にコロール（Koror）市からバベルダオブ島のゲルルムッドに遷都された。しかしながら、依然としてコロールがパラオ最大の都市で、ダウンタウン沿いに飲食店やスーパーマーケット、土産物店、宿泊施設が立ち並んでいる[13][14]。また高等学校や短期大学もコロールのダウンタウンに位置する。今回の調査もコロール市で実施した。

パラオの気候は熱帯雨林気候（Af）に分類される。そのため、年中多雨で気温の年較差が少ないのみならず、年平均雨量は3,631mmで熱帯地域の主要海浜観光地と比べてもかなり多い。年中多雨ということもあり降雨時の通信衛星を経由でのインターネットへのアクセスが遮断されることが多々生じてきた。光海底ケーブルにより、インターネットアクセスへの遮断という問題が解決することになる。

（2）歴史

パラオはミクロネシアでは人類の居住がもっとも早い時期に始まった地域で、約3000～3500年前とされている[12][14][15][16]。16世紀以降、スペイン人やポルトガル人、後にイギリス人がミクロネシア地域に來航するようになった。1885年にパラオを含むミクロネシアはスペインの植民地となったものの、米西戦争に敗北したスペインは1899年にミクロネシアをドイツに売却した。ドイツは商業的なヤシ栽培やリン鉱石採掘を導入した。

第1次世界大戦の開戦に伴い日本はドイツに宣戦布告して1914年に独領ミクロネシアを占領し、1920年には国連による委任統治が認められた。日本はミクロネシア地域を統治する南洋庁の本庁をコロールに置き日本人の入植を進めた。パラオではパイナップル栽培やカツオ節製造、リン鉱石採掘などの産業を興しミクロネシアの首都としてコロールは飛躍的に発展した。しかしながら、これらの産業は、太平洋戦争末期にパラオが激戦地となったため、パラオの産業は壊滅状態となった[13][14][15][16]。

1945年の第二次世界大戦終了後、1947年からパラオは米国を施政権者とする国連の太平洋諸島信託統治領の一部を構成した。1981年になるとパラオは自治政府を発足させ後、1994年に独立を果たした。また、パラオは独立と同時に環境立国へ向けた様々な政策をとっている。一連の環境政策に関わってきたレメンゲサウ大統領に対して、国連環境計画（UNEP）は2014年に「地球のチャンピオン（Champion of the Earth）」賞を授与した。環境保護との兼ね合いで光海底ケーブルの陸揚げ地の選定には苦慮したといわれている。

（3）文化と社会

パラオの公用語は英語とパラオ語である[12]。公用語英語であるためインターネットを利用することにより、国民は膨大な英語での情報を入手できることになる[17]。

パラオ社会の基本単位は血縁に基づく氏族である[12][18][19]。村に相当する酋長領（Chiefdom）内の氏族間には伝統的な序列がある。酋長は通常もっとも序列の高い氏族のメンバーから選ばれる。現在の州は、複数の酋長領（村）を有力な酋長の下に束ねたものとなっている。そのため、各州は公選の知事と世襲の酋長の二重支配になっている。そのため、新たなプロジェクトなどを実施する際に両者の意見が対立すること多々ある。

パラオ社会は男女の役割分担が明確である[12][18][19]。男性の仕事は海で魚を獲ることであり、女性の仕事は主食のタロ芋の耕作である。また、パラオ社会は母系制である。すなわち、母方の血筋が父方の血筋より重視されているが、酋長は男性、政治家の大多数が男性である。しかし酋長を指名するのは長老格の女性であるため、女性が社会において隠然とした力を持っていることになる。

パラオの土地所有は独特である。土地には公有地と民有地以外に、氏族所有地がある。氏族所有地を売買や賃貸をするためには、その氏族全員の承諾が必要となる。そのため土地の移転や開発が容易に進まないこ

とが多いが、乱開発は抑えられている。この乱開発抑制メカニズムは環境保護を支えていることになる。

2012年のパラオの総人口は17,501人で、人口の66.7% (11,665人)はコロール市のあるコロール州に集中している。パラオの人口は2005年をピークに減少傾向を示している。これは出生率の低下による自然減よりも、グアム移住などの人口流出の影響が大きい。パラオでは日本統治時代の影響で日系パラオ人が多く、日系人の人口比率は25%に達すると推計されている。グアムや日本の親類から新しい情報を入手できるという環境である。

(4) 経済と政治

2013年のパラオのGDP総額は247百万ドルで、一人当たりGDPは11,810ドル、購買力平価でみれば15,095ドルに達しており、太平洋島嶼国の中ではもっとも高い[12]。パラオは豊かな自然環境に恵まれているが農業地には恵まれていないこともあり、観光産業がパラオ経済の牽引役として期待されている。また、パラオは伝統的に環境意識が高いこともあり、観光開発を大規模にするのではなく、持続可能性と「質」に重点を置いている。つまり、観光開発におけるインターネットの役割は質の向上となる。

3 調査に用いる数理モデル

3.1 数理モデル利用の背景

本研究の目的は、光海底ケーブルが敷設により、インターネットを取り巻く通信環境が著しく向上し、その結果、パラオ共和国の情報化がどのように進展していくのかを、パネル調査により明らかにする。また、本研究をとおして、低所得国や太平洋島嶼国でのインターネット普及に向けた課題、デジタル・デバイドの解消のための支援策についても考察していく。なおパネル調査とは、同じ調査対象に対して、ある期間において同じ質問を繰返し行う調査方法で、市場調査や社会調査などで用いられる。パネル調査により時間的な変化の事実を確認するとともに、また変化の理由や過程についても捉える。そのため、数理的なモデルにより変化過程をヒアリングすることが重要になる。本研究ではパネル調査によりヒアリングの際、数理モデルにより計算した活用しながら実施することにした。以下、本研究を通じて開発した3-1で余暇モデル混合整数計画法の活用、3-2でパスワード生成モデルネットワーク科学の知見の活用、3-3でネットワークにおけるいじめモデルマルチエージェントベースモデルの活用について述べる。

3-1 余暇モデル混合整数計画法の活用

日本人の若年層の情報行動の大きな変化として、情報リソースの中心がテレビからネットへ移行したことがある[20]。具体的には20時以降のテレビ視聴の一部がネット利用に代替され、コミュニケーション系と賞されるSNSの利用をしている。

つまり24時間をどのように使うかということのを定式化する簡便な数理モデルが必要になる。

数理モデルには混合整数計画法を活用した[21][22][23][24]。そこで、我々は、わかりやすい事例として、フィギュアスケート、ライブコンサートなどの演技種目において、技、曲などの演技要素を、どのような組合せ・順序で演ずれば、審判、観客を満足させることができるかという問題を考察した。例えばフィギュアスケートにおけるプログラム構成(ある選手が滑走する技の組合せ・順序)を決定する問題である。フィギュアスケートは、選手が規定時間内でジャンプ、スピン、ステップなどの技を音楽に合わせて滑走し、得点を競う演技種目である。各選手はどのようなプログラム構成で滑走するかということを決める必要がある。プログラム構成を決定する際、選手は自分の演技の特徴、体調、演技順序、ライバル選手の成績など様々な条件を考慮する。同様に、あるアーティストのライブコンサートは、複数の曲を、コンサート時間等の制約の下で、観客の評価が高くなるようなセットリスト(曲の組合せ・順序)にする演技種目とみなすことができる。しかし、どのようなセットリストで演ずれば、観客を満足させられることができるかわからないという問題がある。本稿では、上述の演技種目における演技要素の最適な組合せ・順序(以下プログラム)を求める問題を、混合整数計画法を用いて組合せ・順序決定モデルとして定式化するとともに、数理最適化ソルバーを用いて解決する手法を提案した。

図1に混合整数計画法の変数の定義、図2混合整数計画法における目的関数と制約条件を示す。パネル調査などで時間配分を調査する際には、期間集合、演技要素集合を、調査項目に置き換えて利用する。

さらにパネル調査における画像データを比較する手法としてAHP(階層分析法)[25][26]、IT機器に活用が

小売店における行列を減らす影響を分析する待ち行列モデルを提案した[27].

<集合>

T : 期間の集合 $T = \{1, \dots, t, \dots, M_T\}$
 J : 演技要素の集合 $J = \{1, \dots, j, \dots, M_J\}$

<定数>

w_j : 演技要素 j の演技時間
 s_j : 演技要素 j を成功した時の得点
 s'_j : 演技要素 j を失敗した時の得点
 v_{tj} : 期間 t で演技要素 j を始め、成功したときの得点
 v'_{tj} : 期間 t で演技要素 j を始め、失敗したときの得点
 c_{ab} : 演技要素 a の次に演技要素 b をおこなうときの得点
 L_S : 最低目標得点
 p_j : 演技要素 j の成功確率
 L_P : プログラムに入れる演技要素の最低確率
 G_T : 理想プログラム全体時間
 M_T : 限界プログラム全体時間
 M_J : 演技要素数

図 1 混合整数計画法の変数の定義

<目的関数>

$$\max(A + B + C + D + E) \quad (1)$$

$$A = \sum_{t \in T} \sum_{j \in J} (p_j s_j x_{tj} + (1 - p_j) s'_j x_{tj}) \quad (2)$$

$$B = \sum_{t \in T} \sum_{j \in J} (p_j v_{tj} x_{kj} + (1 - p_j) v'_{tj} x_{kj}) \quad (3)$$

$$C = \sum_{t=1}^{M_T-1} \sum_{a \in J} \sum_{b \in J} c_{ab} y_{tab} \quad (4)$$

$$D = \alpha \times zz \quad (5) \quad , \quad E = \beta \times h \quad (6)$$

<制約条件>

$$\sum_{j \in J} \sum_{s=t-w_j+1}^t x_{sj} \leq 1 \quad (\forall t \in T) \quad (7)$$

$$(w_j - 1 + t)x_{tj} - \sum_{k \in T} \sum_{l \in J} w_l x_{kl} \leq 0 \quad (\forall t \in T, \forall j \in J) \quad (8)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J'} x_{tj} = e \quad (9)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J''} x_{tj} \leq f \quad (10)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J'''} x_{tj} \geq g \quad (11)$$

$$x_{ta} + x_{(t+1)b} - y_{tab} \leq 1 \quad (\forall t \in T, \forall a, b \in J) \quad (12)$$

$$y_{tab} \leq x_{ta} \quad (\forall t \in T, \forall a, b \in J) \quad (13)$$

$$y_{tab} \leq x_{(t+1)b} \quad (\forall t \in T, \forall a, b \in J) \quad (14)$$

$$\sum_{t \in T} x_{tj} + z_j \geq 1 \quad (\forall j \in J) \quad (15)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J} x_{tj} + \sum_{j \in J} z_j - M_J = zz \quad (16)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J} (s_j x_{tj} + v_{tj} x_{kj}) + \sum_{t=1}^{M_T-1} \sum_{a \in J} \sum_{b \in J} c_{ab} y_{tab} + \alpha \times zz + \beta \times h \geq L_S \quad (17)$$

$$x_{tj}(p_j - L_P) \geq 0 \quad (\forall t \in T, \forall j \in J) \quad (18)$$

$$|G_T - \sum_{t \in T} \sum_{j \in J} w_j x_{tj}| \leq h \quad (19)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J} w_j x_{tj} \leq M_T \quad (20)$$

図 2 混合整数計画法における目的関数と制約条件

3-2 パスワード生成モデル—ネットワーク科学の知見の活用

インターネット上の大多数のオンラインサービスにおける個人認証はパスワードが利用されている。パスワードは特別な機器を必要としない知識認証である。一方で、パスワードは利用者が適切に設定・管理を行う必要がある。適切に設定・管理するための推奨方針を総務省は公知している。推奨方針には「パスワードを複数のサービスで使い回さない」がある。しかしながら、パスワード使い回しをしてしまい不正アクセスの被害にあう事例が多く報告されている。このような被害が多くなってきたこともあり、これまでの推奨「パスワードは定期的に変更する」が、新しい推奨「パスワードの定期的変更は不要である。流出時に使い回していないパスワードに速やかに変更する」に改められた。そこで、パスワード使い回しリスクを定量的に評価する手法を開発する必要がある。

また、パネル調査ではパスワードの複雑性についてインタビューする。そこでパスワードを定式化して表現することができる数理モデルが必要になる。そこで我々はネットワークの科学の知見ならびに、パスワード推奨方針を含めた数理モデルを開発した[28][29][30]。図3にパスワード生成モデル、図4にリスク曲線を示す。インタビューにおいては、図3と図4との関係を説明することになる。

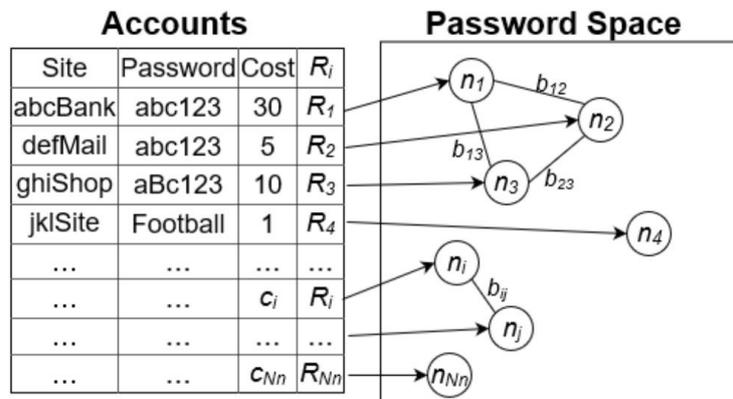


図3 パスワード生成モデル

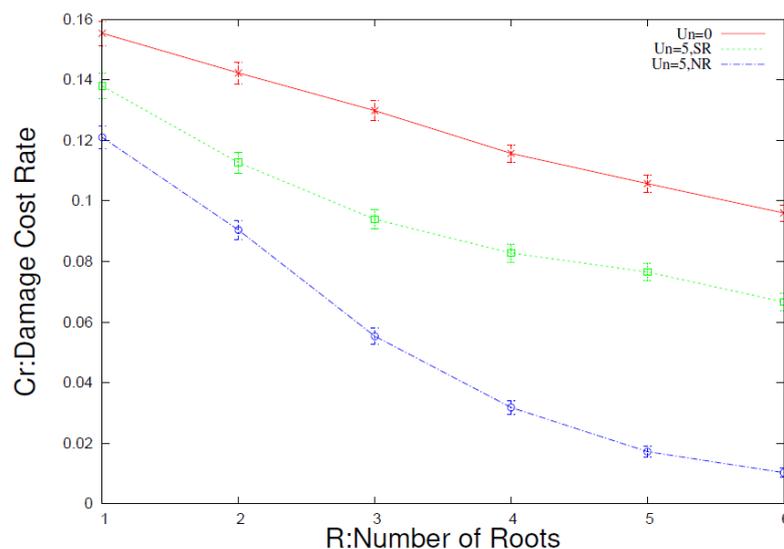


図4 パスワードの複雑性とリスク

3-3 ネットワークにおけるいじめモデル—マルチエージェントベースモデルの活用

我々の研究グループは、いじめのエージェントベースモデルに、通常の行動を起こすエージェント（一般エージェント）とは異なる特殊な行動を起こすエージェント（特殊エージェント）を加え、どのような行動特性がいじめ抑制に効果的であるか分析をおこなった。その結果、それぞれ異なる特殊な行動特性をもつ特殊エージェント2人を加えた場合にいじめ抑制に効果的であることを明らかにした[31]。具体的には、正義型と救済型の組み合わせである「いじめ候補者数が閾値を超えている場合は選択価値数の少ない者に対して同調行動を起こし、いじめ候補者数が閾値以下であればいじめ候補者に対して同調行動を起こす」という行動特性が、もっともいじめの抑制に対して効果的であると結論付けた。さらに、新たな数理モデルとして、混合型特性を有する特殊な行動特性をもつエージェントを加えたモデルを開発した[32][33]。

これらのいじめ数理モデルはインタビューでは活用した。ネットにおける負の側面であるネットいじめの問題をインタビューする際に利用した。図5に人間関係の数理モデル、図6と図7に特殊エージェントの効果を示す。

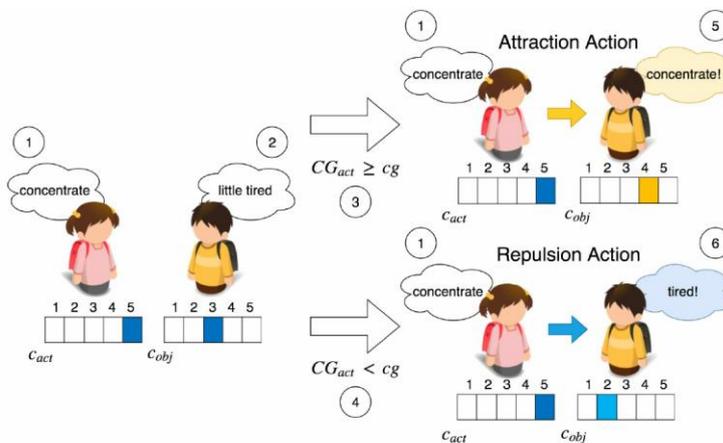


図5 人間関係の数理モデル

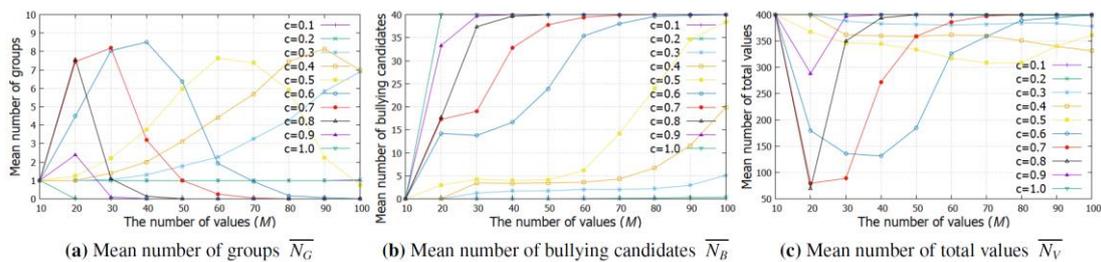


図6 特殊エージェントがない場合のクラス状況

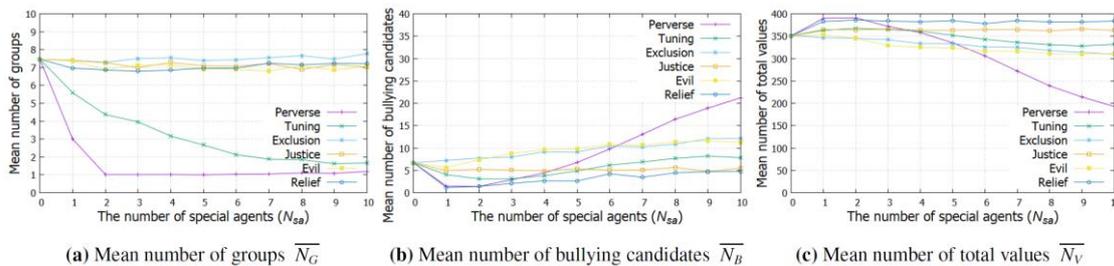


図7 特殊エージェント効果

4 調査結果

3-1 事前調査（2018年3月）概要

2018年3月22日(木)から2018年3月28日(水)まで、私費にてパラオ共和国コロールに滞在し、2019年3月末の本調査をするための事前調査を実施した。

事前調査はコロール市内のホテル従業員、小売店販売員、ダイビングショップ店員、ITショップマネージャー、大学教職員、大学生、高校生に対して、光海底ケーブル開通以前のネットワーク利用に関しての状況について様々な角度から実施した。その主要な結果は表1の2018年3月欄に記載している。

このインタビューを通じて、3節で示した余暇モデル、パスワード生成モデル、ネットワークにおけるいじめモデルを開発する必要性を明らかになった。また、2節で示したパラオ社会の血縁に基づく氏族制度や酋長領、男女の役割分担なども重要なキーであることが理解できた。

3-2 本調査（2019年3月）

前年に実施した事前調査と同時期を選び、2019年3月22日(金)から2019年3月30日(土)まで、パラオ共和国コロールに滞在し、本調査を実施した。前年にインタビューした人に同じ事を問い合わせ、一年でどのように通信事情が変わったのかをインタビューした。さらにコロール市内の教育行政機関を訪問し通信事情が変わったのかをインタビューした。兩年の比較結果を表1にまとめる。表1からわかることは、二つある。

(1) ビジネスにおける情報通信事情は改善されたため、ビジネス上のストレスは減ったことである。

(2) 我が国は一般的に核家族化している。子供部屋など個室が準備されており、その上でのスマートフォンの普及である。そのためスマートフォンなど情報機器は個人ベースで普及しやすい。一方、パラオでは伝統的に大家族での生活であり、食事なども家族全員でする習慣が根強くある。その上でのスマートフォンの普及と情報通信事情の改善である。日本のような形での個（とりわけ若年層）を中心とした、急激な情報化[20]は進展しない可能性がある。

表1 事前調査(2018年3月)と本調査(2019年3月)の比較

代表的インタビュー相手	2018年3月	2019年3月
ホテルのIT担当者	客室用のフリーWi-Fiのパスワードは大文字小文字を混在している。また数日ごとに更新されておりセキュリティには留意している。	
ホテルマネージャー	クレジット承認のための通信は衛星回線を利用する。雨の日は通信が不安定となり時間がかかる。	クレジット承認のための通信は衛星を全く生じなくなった。クレジット承認のための通信は衛星を全く生じなくなった。
小売店販売員		
ダイビングショップ店員		
現地ツアー会社 A		ハワイよりは遅いが、クレジット承認のためのストレスは感じなくなった。特段家族関係が変わったわけではない。
現地ツアー会社 B	YouTubeは使いたいが、遅いため利用していない。	部屋で快適になったNetflixやYouTubeを利用する。しかし核家族化はしていないし、核家族になることはないが、家庭に個で楽しむものが入ってきた。核家族化は多分進まないであろう。伝統的な酋長制度があるため、親類一族の結束が固い。
ITショップマネージャー	—	数年前に電気が全島に普及した。また携帯電話網やインターネットも快適に接続できるようになった。これ以上のハイテクを望むことはないのではない

3-3 情報化（情報機器）普及の数理モデル

現地調査により情報機器普及のモデルとして、我が国との比較をしやすいために出生死滅過程モデルを採用する[34][35][36][37].

今、ある時刻 $t \geq 0$ におけるある普及している情報機器の台数を $X(t)$ で表すとする. 普及台数は非負の整数であるため、 $X(t)$ の集合 $N_0 = \{0, 1, \dots\}$ 上に値をとる. この機器の普及台数は確率的に増減するため $\{X(t); t \geq 0\}$ は確率過程として捉えることができる. さらに確率過程 $\{X(t); t \geq 0\}$ は、現在の個体数 i が与えられれば、過去の普及台数と無関係に、将来の普及台数が決定すると仮定する. つまり確率過程 $\{X(t); t \geq 0\}$ は連続時間マルコフ連鎖 (CTMC, Continuous Time Markov Chain) となる. なお、普及台数は、一度に1つの増減しか生じないと考えることが妥当であるため、確率過程 $\{X(t); t \geq 0\}$ は特殊な CTMC である出生死滅過程 (Birth-Death Process) となる. 具体的には、ある状態 $i > 0$ からは、出生の場合は隣り合う状態 $i + 1$ へ、死滅の場合は状態 $i - 1$ へと遷移することになる. 単位時間当たり普及台数が増加する割合をパラメータ $\lambda_i (i = 0, 1, \dots)$ 、普及台数が減少する割合をパラメータ $\mu_i (i = 0, 1, \dots)$ で表す. λ_i は出生率 (採用率)、 μ_i は死滅率 (解除率) と呼ばれる. なお $\mu_0 = 0$ と考える. 図1に出生死滅モデルを示す. 普及台数の時間変化や普及台数の見積りは、採用率 λ_i 、解除率 μ_i を決定することにより分析することができる.

具体的な採用率や解除率は調査する必要がある. また、IT機器の場合、ネットワークの外部性[38]が生じるため、採用率や解除率が、普及台数に応じて大きく変わることが想定される.

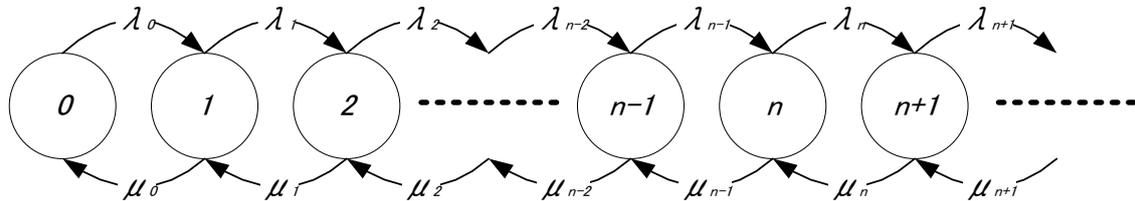


図8 出生死滅モデル (核家族モデル)

図8のモデルは核家族のように個を中心とする社会についてはフィットすることが予想される. しかしながら、酋長制度が残っているパラオのような社会においては、安心や信頼に関するパラメータが大きく異なる[39][40][41][42]. つまり図8の採用率や解除率の調整だけで対応するのは限界があるであろう. そこで図9のように、複数の台数が一度の生じるようなモデルが必要になることが予想される.

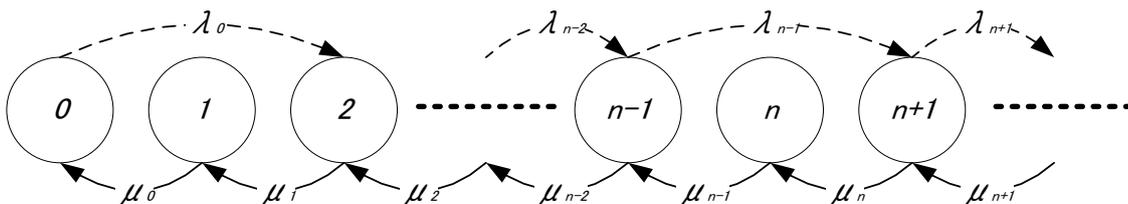


図9 大家族モデル

5 まとめ

著者は高度情報化社会は人類が情報という手段で時間と空間を克服した時代であると考えている. 同時に、情報や知値が経済的価値をもち社会生活に重大な影響を与える時代でもあると認識している. 情報化社会で情報通信に関する研究開発やビジネスを行う研究者の一人として、単なる技術開発や製品化という視点だけではなく、我々の扱う情報通信技術が日常生活や社会全体に及ぼす影響やインパクトについても、常に興味を持って過ごしたいと考えている.

さて、インフラストラクチャのレベルで見るとインターネットの中心やハブは米国である[10]. これは地域内でのネットワークの相互接続よりも、ハブとなっている米国につないでしまったほうが効率的であるこ

とを意味する。現時点では、米国のネットワークに直結していることが重要になる。

本研究では、米国本土とグアムを結ぶ光海底ケーブルが、2017年、パラオ共和国に延長敷設されることに着目した。この敷設により、インターネットを取り巻く通信環境が著しく向上した。通信環境向上により、パラオ共和国の情報化がどのように進展していくのかを、2回にわたるパネル調査により明らかにするとともに、インターネット利用者の普及モデルとして出生死滅モデルを開発した。

ただし、パラオ社会は積極的に環境保護し具体的政策を実施なおかつ、曾長制度が残っている。提案したモデルには社会心理学の視点が欠けている。社会心理学の知見を提案モデルに反映することが重要になる。

2017年にインターネット接続環境が劇的に改善された。2019年3月時点では、現地の人々の生活様式まで変化を与えていないようであった。しかしながら、光ファイバーケーブルの普及によりリーズナブルな料金でインターネットを利用すること可能になってきた。またスマートフォンも普及しており、携帯電話というよりもインターネット接続端末として活用されて行くであろう。

今後、現地の人々の生活様式も変わっていくであろう。一方で、環境立国であるパラオでは環境保全を前提とした経済モデルである。また、パラオ社会に深く根ざした曾長制度により、自然の中のさまざまな様子や痕跡をもとに、自然や身の回りの現象を深く読み解いていくこと、自然を活用して日々の生活や行動に役立てたりする知識や知恵を伝えることは、継続されていくことが予想される。自然を読む力の伝承である[43]。したがって先進国のように、急激に情報機器が普及し、情報化が一気に進み、生活様式が大きく変わることは想像できない。

引き続き現地調査ならびに数理モデル開発を継続していく計画である。継続的に研究を進めることにより、環境保全と新興国の情報化への貢献のあり方、観光立国における観光客急増に伴うコンフリクト問題解決へと貢献していきたく。

【参考文献】

- [1] 水野忠則, 奥田隆史他, 『コンピュータネットワーク概論』, 共立出版, 2014.
- [2] 大野哲弥, 『通信の世紀: 情報技術と国家戦略の一五〇年史』, 新潮社, 2018.
- [3] 光海底ケーブル執筆委員会, 『光海底ケーブル』, パレード, 2010.
- [4] 後藤祥子, ITmedia “こんなに細くて大丈夫? 知られざる「海底ケーブル」の世界”, <https://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1507/24/news046.html> (2019年6月15日閲覧)
- [5] NEC, “なっとく! 技術のヒミツ vol.7: 海底ケーブルのヒミツ”, <https://jpn.nec.com/kids/himitsu/07.html> (2019年6月15日閲覧)
- [6] 有山輝雄, 『情報覇権と帝国日本 I: 海底ケーブルと通信社の誕生』, 吉川弘文館, 2013.
- [7] 有山輝雄, 『情報覇権と帝国日本 II: 通信技術の拡大と宣伝戦』, 吉川弘文館, 2013.
- [8] 有山輝雄, 『情報覇権と帝国日本 III: 東アジア電信網と朝鮮通信支配』, 吉川弘文館, 2016.
- [9] 佐藤由紀子, ITmedia, “Google、新たな海底ケーブル 3本敷設でクラウドインフラ拡充へ”, <https://www.itmedia.co.jp/news/articles/1801/17/news043.html> (2019年6月15日閲覧)
- [10] 土屋大洋, “太平洋島嶼国におけるデジタル・デバイド: パラオにおける海底ケーブル敷設の可能性”, メディア・コミュニケーション: 慶応義塾大学メディア・コミュニケーション研究所紀要, Vol/62, pp.161-171, 2012.
- [11] 黒田敏史, “巨大デジタル・プラットフォーマーが問題視されるのはなぜか”, 通巻 707号, 経済セミナー 2019年4・5月号.
- [12] 『パラオ共和国におけるエコツーリズム促進と観光振興 予備調査(2015年9月7日)』, https://www.spf.org/spinf/spinf_j/news/article_17649.html (2019年6月15日閲覧).
- [13] 井上亮, 『忘れられた島々「南洋群島」ノ現代史』, 平凡社, 2015.
- [14] 荒井利子, 『日本を愛した植民地 南洋パラオの真実』, 新潮社, 2015.
- [15] 武田一義, 『ペリリュー —楽園のゲルニカー 1』, 白泉社, 2016.
- [16] 寺尾紗穂, 『あのころのパラオをさがして 日本統治下の南洋を生きた人々』, 集英社, 2017.
- [17] 中野明, 『IT全史 情報技術の250年を読む』, 祥伝社, 2017.
- [18] 岡谷公二, 『南海漂蕩—マイクロネシアに魅せられた土方久功・杉浦佐助・中島敦』, 富山房インターナショナル, 2007.

- [19] 清水久夫,『土方久功正伝—日本のゴーギャンと呼ばれた男』, 東宣出版, 2017.
- [20] 橋元良明, “若年層における情報行動の変化”, 情報教育ジャーナル, Vol- 1, No. 1, pp. 7-14, 2018.
- [21] 片桐一憲, 奥田隆史, “非線形 0-1 計画法を用いたフィギュアスケート男子フリー種目におけるプログラム構成の決定”, SSOR 中部支部 2018, 講演番号 5, 2018.
- [22] 片桐一憲, 奥田隆史, “非線形 0-1 計画法を用いたフィギュアスケート競技におけるプログラム構成の決定”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2018 年秋季研究発表会, 1-E-6, pp.98-99, 2018.
- [23] 片桐一憲, 奥田隆史, “非線形 0-1 計画法を用いたあるフィギュアスケート選手のプログラム構成の分析”, 平成 30 年電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, M1-4, p.21, 2018.
- [24] 片桐一憲, 奥田隆史, “0-1 整数計画法による組合せ・順序の最適化—フィギュアスケートにおけるプログラム構成のための—”, 情報処理学会第 81 回全国大会, 2P-01, 2019.
- [25] 石原弘将, 奥田隆史, “AHP による大学案内冊子掲載写真の定量的評価”, SSOR 中部支部 2018, 講演番号 1, 2018.
- [26] 石原弘将, 奥田隆史, “AHP による大学案内冊子の訴求効果の分析”, 平成 30 年電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, p39, K3-6, 2018.
- [27] Suguru Nii Takashi Okuda, “Queue Control at Checkouts with Improvement of Cashier ’s Productivity ”, Tokai-Section Joint Conference on Electrical, Electronics, Information, and Related Engineering, K3-8, (平成 30 年度電気電子情報関係学会東海支部連合大会 English Session), 2018.
- [28] 坂下航平, 奥田隆史, “パスワードのメンテナンス方策に関する研究”, 論文 ID19, SSOR 中部支部 2018.
- [29] 坂下航平, 奥田隆史, “情報セキュリティリスクを考慮した個人情報システムにおけるパスワード更新方策の研究”, 平成 30 年度電気学会東海支部若手セミナー「ビッグデータ利活用のための情報通信と信号処理第 2 回」, 2019.
- [30] 坂下航平, 奥田隆史, “確率モデルおよびネットワーク科学による「パスワード使い回し」リスクの定量的解析”, 情報処理学会第 81 回全国大会, 1ZA-07, 福岡大学, 2019/3/14.
- [31] 井手広康, 奥田隆史, “いじめを抑制するエージェントの行動特性に関する分析”, 電気学会論文誌 C, Vol.138, No.3, pp.228-233, 2018.
- [32] 五十嵐響, 井手広康, 奥田隆史, “学校のクラス内で起こるいじめの抑制に有効な混合型特殊行動エージェントの分析”, 2018 年度第 5 回日本教育工学研究会, C14, 2018.
- [33] 五十嵐響, 内田君子, 奥田隆史, “クラスの雰囲気良くする特殊エージェントの行動特性の分析”, 情報処理学会第 81 回全国大会, 7ZE-01, 2019.
- [34] Vidyadhar G. Konkani, *Modeling, Analysis, Design, and Control of Stochastic Systems*, Springer Verlag, 1999.
- [35] K. S. Trivedi, *Probability and Statistics with Reliability, Queuing and Computer Science Applications*, John Wiley & Sons, 2001.
- [36] 吉岡良雄, 『待ち行列と確率分布—情報システム解析への応用』, 森北出版, 2004.
- [37] 佐藤健一編著, 奥田隆史, 『新インターユニバーシティ:情報ネットワーク』, オーム社, 2011.
- [38] 池田信夫, 『情報通信革命と日本企業』, NTT 出版, 1997.
- [39] 山岸俊, 『信頼の構造: ころと社会の進化ゲーム』, 東京大学出版会, 1998.
- [40] 山岸俊男, 『安心社会から信頼社会へ—日本型システムの行方』, 中央公論社, 1999.
- [41] 山岸俊男, 『日本の「安心」はなぜ、消えたのか—社会心理学から見た現代日本の問題点』, 集英社, 2008.
- [42] 糸井重里, 『インターネット的』, PHP, 2014.
- [43] アルン・スンドララジャン, 『シエトリスタン・グーリー, 『失われた、自然を読む力』, エイアンドエフ, 2018.

〈発表資料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
非線形 0-1 計画法を用いたフィギュアスケート男子フリー種目におけるプログラム構成の決定	日本 OR 学会中部支部・SSOR 中部支部 2018	2018 年 8 月
AHP による大学案内冊子掲載写真の定量的評価	日本 OR 学会中部支部・SSOR 中部支部 2018	2018 年 8 月
パスワードのメンテナンス方策に関する研究	日本 OR 学会中部支部・SSOR 中部支部 2018	2018 年 8 月
非線形 0-1 計画法を用いたあるフィギュアスケート選手のプログラム構成の分析	平成 30 年電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会	2018 年 9 月
AHP による大学案内冊子の訴求効果の分析	平成 30 年電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会	2018 年 9 月
Queue Control at Checkouts with Improvement of Cashier ' s Productivity	平成 30 年電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会	2018 年 9 月
0-1 整数計画法による組合せ・順序の最適化ーフィギュアスケートにおけるプログラム構成のためのー	情報処理学会第 81 回全国大会	2019 年 3 月
確率モデルおよびネットワーク科学による「パスワード使い回し」リスクの定量的解析	情報処理学会第 81 回全国大会	2019 年 3 月