



低炭素社会の実現に向けた  
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく  
イノベーション政策立案のための提案書

## 通信トラヒックの推移および Covid-19 緊急事態 宣言のもとでのテレワークの影響の定量的分析

令和 3 年 3 月

**A Study on the Tele-communication Traffic Trends and the Impacts of  
Teleworking under Covid-19 State of Emergency**

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action  
toward Low Carbon Societies

国立研究開発法人科学技術振興機構  
低炭素社会戦略センター

LCS-FY2020-PP-09

## 概要

脱炭素社会の実現に向けたゼロエミッション社会の構築にあたり、情報技術（ICT）の進展に期待が寄せられている。そこでは、Society5.0 に代表される新しいスマートな社会システムによりエネルギー需給が効率的に管理運営される。その一方で、これまでの急速な ICT の発展は、データセンターをはじめとする諸設備の電力消費の急激な増加をもたらしてきた。例えば、科学技術振興機構低炭素社会戦略センター（以下、LCS）2018 年度提案書「情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響（Vol.1）」では、2016 年における日本のデータセンターの消費電力を 16 TWh と見積もり、IP トラフィックは過去年率 24% という成長率を示したことを指摘した。ICT の拡大による社会への影響と電力需要の増大の定量的評価は、今後の重要なテーマである。この技術的側面からの解析は LCS 等の研究機関で続けられているが、今日の情報トラフィックの増加がどのような需要でもたらされたかという消費側からの接近はまだ限られている。

本提案書では、まず通信トラフィック需要がどのように増大してきたのかを既存統計から分析する。次いで Covid-19 緊急事態宣言により採用が広まったテレワークがどのように情報トラフィックに変化をもたらし、また、働き方の変化がどれほどの通勤時間とエネルギー消費に影響を与えたかを定量的に分析する。これにより、将来の情報通信需要が社会の変化とともにどのように変化するかを導き、既存のエネルギーサービスの電力化だけでなく、情報化による生産性や働き方の変化、Covid-19 のような非常事態における情報通信需要の増加がもたらす電力消費の増加にも着目しておくべきことを提案する。

## Summary

Expectations are rising for further progress in information and communication technology (ICT) in creating a zero carbon emission society, where the supply and demand of energy is efficiently controlled by new smart social systems as highlighted by Society 5.0. Meanwhile, the rapid growth of ICT has caused a steep rise in the power consumption of associated facilities such as data centers. In 2016, for instance, Japan's IP traffic grew 24% year on year, bringing the power consumption of data centers in the country up to 16 TWh, according to "Implications of Information Society Development for Energy Consumption (Vol. 1)," a 2018 proposal paper published by the Center for Low Carbon Society Strategy (LCS) of the Japan Science and Technology Agency. Quantitative assessment of the impact of ICT expansion on society and power demand is an important issue for the future. Although such analysis from the technical aspect has been made at LCS and other research institutions, the approach from the consumption side has been limited as to what kind of demand has pushed up information traffic.

This proposal paper firstly analyzes how communications traffic has been increasing based on the existing statistics. Second, it examines how the spread of teleworking amid the Covid-19 state of emergency has affected information traffic in Japan. The paper also makes quantitative analysis of the impact of such work-style changes on commuting time and energy consumption. These analyses are used to predict how telecommunications demand will change in line with social changes. Finally, the paper suggests that attention should be paid to increases in power consumption resulting from not only the electrification of the existing energy services but also the additional demand due to the expansion of computerization and telecommunications resulting productivity improvement and work style changes.

## 目次

### 概要

|  |    |
|--|----|
| 1. 本提案／報告の位置づけ .....                               | 1  |
| 2. 情報トラヒックの分析と予測 .....                             | 1  |
| 2.1 情報トラヒックの現状 .....                               | 2  |
| 2.2 コンテンツ需要とトラヒック需要の関係 .....                       | 6  |
| 2.3 全トラヒック需要の将来予測 .....                            | 10 |
| 3. ICT の生産性への影響と Covid-19 緊急事態宣言におけるテレワークの分析 ..... | 14 |
| 3.1 総務省アンケート調査の分析と知見 .....                         | 14 |
| 3.2 Covid-19 緊急事態宣言下におけるテレワークの影響 .....             | 20 |
| 3.3 テレワークによる通勤時間の削減効果 .....                        | 24 |
| 4. 結論 .....  | 27 |
| 5. 政策提案 .....                                      | 28 |
| 参考文献 .....   | 29 |

## 1. 本提案／報告の位置づけ

人為的温暖化ガス排出による気候変動リスクへの対応のため、政府間気候変動パネル（IPCC）はこれまで温暖化ガスの排出削減、大気濃度の安定化目標からさらに踏み込み、2018年の「1.5℃特別報告書」[1]では、多くのシナリオの下で21世紀中に温暖化ガスの排出量を負にする必要性に言及した。日本政府も2020年10月、「2050年までの『ゼロエミッション化』」[2]を宣言した。この前年の「革新的環境イノベーション戦略」[3]は、温暖化ガス排出削減のための分野ごとの対策技術に加え、情報通信技術（ICT）の活用を示している。情報技術の利活用により再生可能エネルギーを効率よく管理運営し、またテレワークの活用などで移動を削減するスマート社会は、これまでもたびたび議論され、またいくつかの社会実験もなされてきた[4, 5]。しかし、これらの社会実験からは、例えば情報化によって移動をどの程度代替可能か、あるいはスマート化によりどの程度の温暖化ガス排出削減がもたらされるか、などの定量分析は提供されていない。

これに対し、企業に情報技術がどのように浸透し、どのような効果を与えてきたかについては、総務省が「通信利用動向調査（企業編）」[6]で平成21年から調査を続けており、利用動向や生産性変化が企業の規模や業種別にアンケート調査されている。例えば、①IoT、AIによるデータ収集と分析、②クラウドコンピューティング/SaaSによる処理の採用、③テレワークによる働き方について採択企業数と労働生産性の変化が示されている。

他方、ICTの爆発的増加がもたらす電力需要の増大については、1999年頃からMillsとKoomyの間で論争が始まった。Mills[7]はインターネットとPCの普及が爆発的な電力増加を生み、環境負荷を増やすと指摘したが、Koomy[8]は技術的な効率改善がこれを克服すると批判した。その後も両者の論争は続き今日に至っている。情報機器の使用の量的な増加も、技術の進展も急速だったため、今日まで、情報処理量の爆発的増加に比べれば電力消費は抑制されていると言えようが、今後もそのような技術進歩が情報処理需要を抑制し続けうるかどうかについてはなお不明である。LCSでは、[9, 10]でこの問題についての技術調査と評価を行っている。

2020年に世界を襲った新型コロナウイルス感染拡大防止のため、日本でも2020年3月13日に緊急事態宣言が出され、都市部を中心にテレワークによる在宅勤務の採用が広まった。これにより、移動が減少した。緊急事態の解除とともにテレワークが縮小したものの、いくつかの業種や大学などではなおオンライン化が残った。オンライン化に対応可能な活動とそうでない活動が次第に明確になった。

以上のことから、①情報技術の進展により、自動運転の普及やAI利活用など生産の変革や、さらにテレワークのような働き方の改革が生活と社会全般に及びうること、②情報技術の進展はまた、情報トラヒックの増大とその処理を通じ、大きな電力消費を生みうること、③このような技術と社会の変革は、産業、生活、電力消費構造に大きく影響し、環境影響だけでなくパンデミックのような社会の安全保障の観点からも重要なものであることが示された。この問題は、ゼロエミッション社会構築はすでに単なるエンド・オブ・パイプ的対策では不十分であり、社会のイノベーションを必要とする観点と並行するものである。このように、本テーマはLCSの活動と密接な関係にある。

## 2. 情報トラヒックの分析と予測

本章では、総務省「我が国のインターネットにおけるトラヒックの集計・試算」[11]、「我が国の移動通信トラヒックの現状」[12]、総務省情報通信政策研究所の「メディア・ソフトの制作及び流通の実態に関する調査研究」[13]から情報トラヒックの過去の推移と動画、静止画像、音声等のコンテンツ情報流通量の関係を導き、さらに年齢別人口等との関係から将来の情報トラヒック流通量の予測を試みる。

## 2.1 情報トラフィックの現状

総務省の調査 [11] は、図 1 のように固定系ブロードバンド通信トラフィックを分類し、それぞれについて 2004 年からのトラフィック変化を報告している<sup>1)</sup>。なお、移動通信に関するトラフィック調査 [12] は、2010 年以降のみ提供される。このデータベースに基づくトラフィックの過去の推移を図 2 および図 3 に示す。2014 年付近からのダウンロードトラフィックの急増は明らかであるが、2018 年 11 月のみはやや増加率が減少しているようにも見える。将来に個の成長を延長する場合、飽和傾向が見えているのか、それとも増大傾向が継続するかによって、将来予測値が大きく変わることが予想できる。移動通信のトラフィックは 2015 年以降年率 32% の上昇を示すが、ここにも最終年次での成長率の低下傾向もうかがえる。ただし、移動体通信自体は 5 G の普及により今後も増加すると予想される。

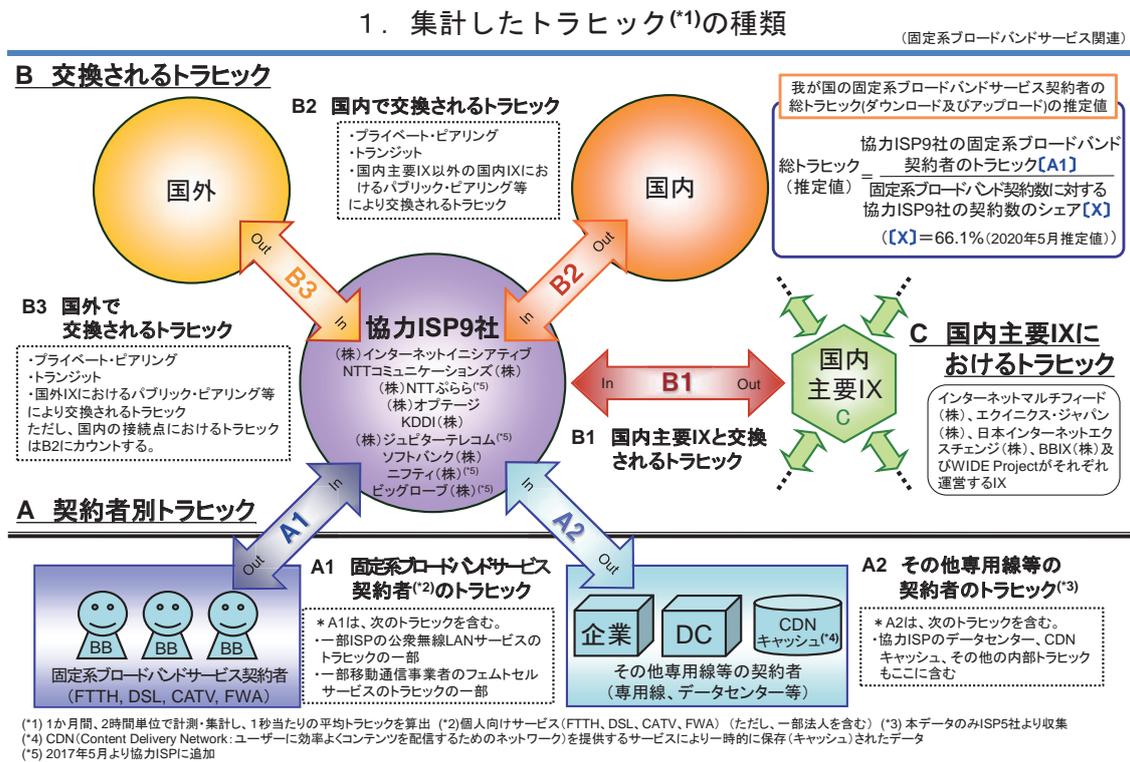


図 1 我が国のインターネットにおけるトラフィックの集計・試算  
 2020 年 5 月時点の集計結果の公表 [11] より

LCS は、この趨勢の延長に基づいて将来のトラフィック予測値から電力消費を推計した [9]。この推計結果の一部を表 1 に示す。過去の趨勢に基づく将来の爆発的な通信需要は、当然技術がこのままであれば莫大な電力需要の増加を導く。現状の日本の全電力消費が約 1,000 TWh であることを考えると、これは現実的数値ではないものの、きわめて大きな上昇圧力がかかっていることがわかる。

<sup>1)</sup> 総務省は、このうち最もシェアの大きな末端ユーザーとの A1 トラフィックについて、① ISP 5 社のトラフィック、② ISP 5 社と契約者シェアからの推計トラフィック、③ ISP 9 社のトラフィック、④ ISP 9 社と契約者シェアからの推計トラフィックの 4 通りを公開している。③、④は 2017 年以降のみ公開されている。ここでは、統計解析の都合上、A1 には②の推計値を用い、以下 A1s と記すこととする。

表 1 ICT 関連需要と電力消費予測 [9]

|                | 2016  | 2030   | 2050      |
|----------------|-------|--------|-----------|
| トラフィック(ZB/年)   | 4.7   | 170    | 20,200    |
| 消費電力(日本 Twh/年) | 41    | 1,480  | 176,200   |
| 消費電力(世界 Twh/年) | 1,170 | 42,300 | 5,030,000 |

これに対し、IEA [14] は Cisco の Visual Networking Index [15] を受け、通信量の急速な増加はあっても、Kooimey の法則「1.57 年で新型計算機のエネルギー消費効率が 2 倍になる」が今後も成り立つなら、電力消費の増加はごくわずかであるとした。しかし、この法則は Moore の法則と同じくあくまで過去の経験則であって、今後もこれが継続されるとする何らの科学的根拠があるものではない。このように、過去の急速な技術進歩による電力消費効率の上昇が、今後どこまで延長可能かによって、電力消費増加の将来予測に大きな不確実幅が生じることになる。

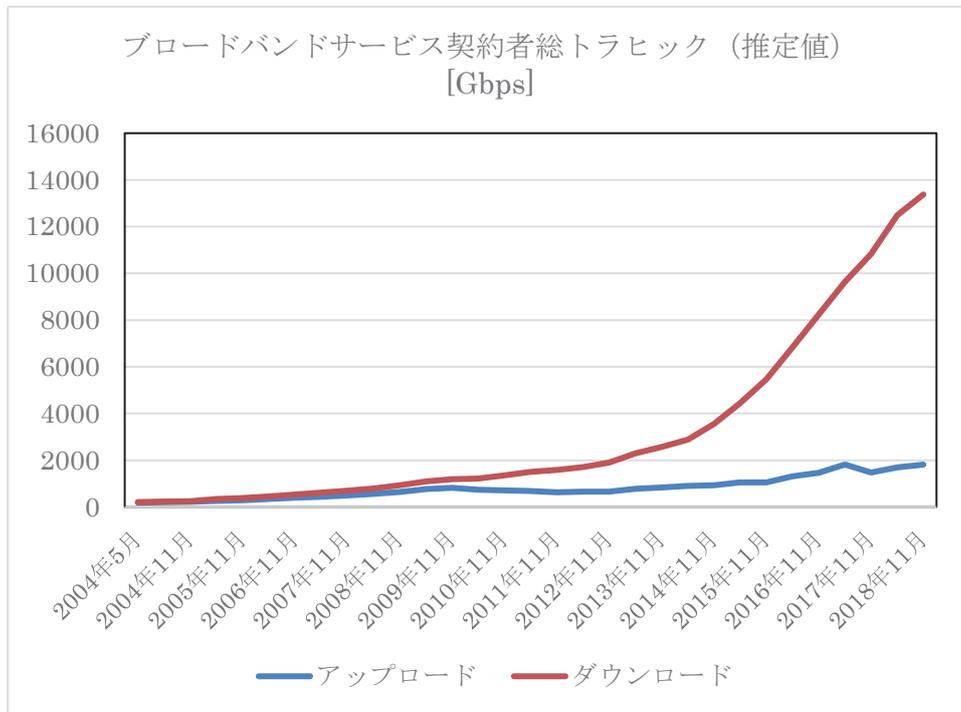


図 2 ブロードバンドサービス契約者総トラフィック [11] から作成

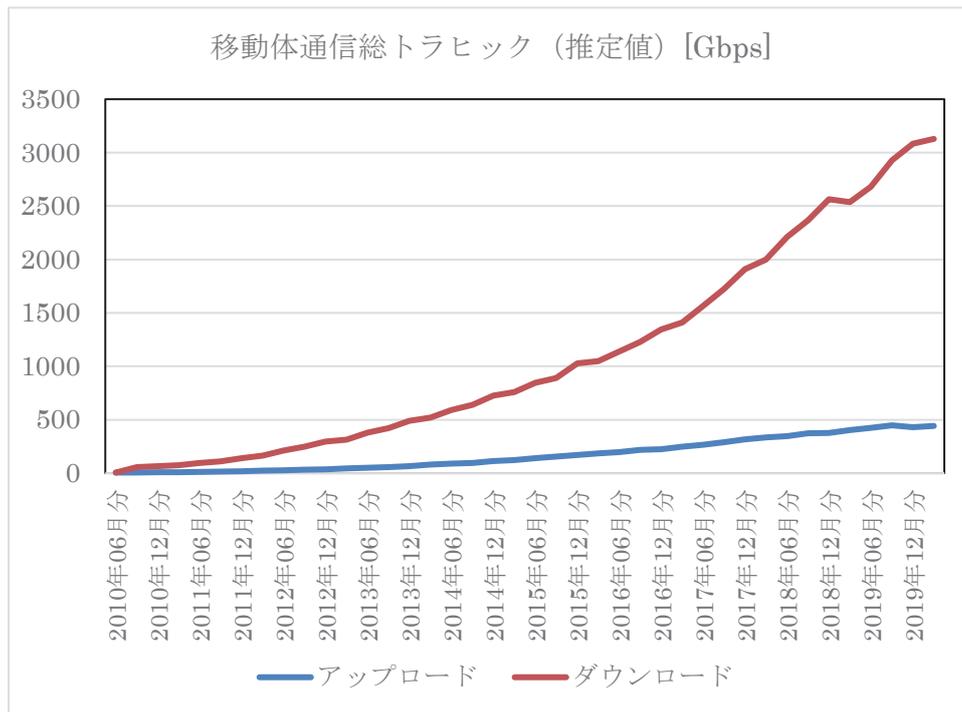


図3 移動通信トラヒックの推移 [12] から作成

図4に、図1のトラヒックの内訳を示す。端末ユーザーのダウンロード需要が主要因となっていることが見て取れる。

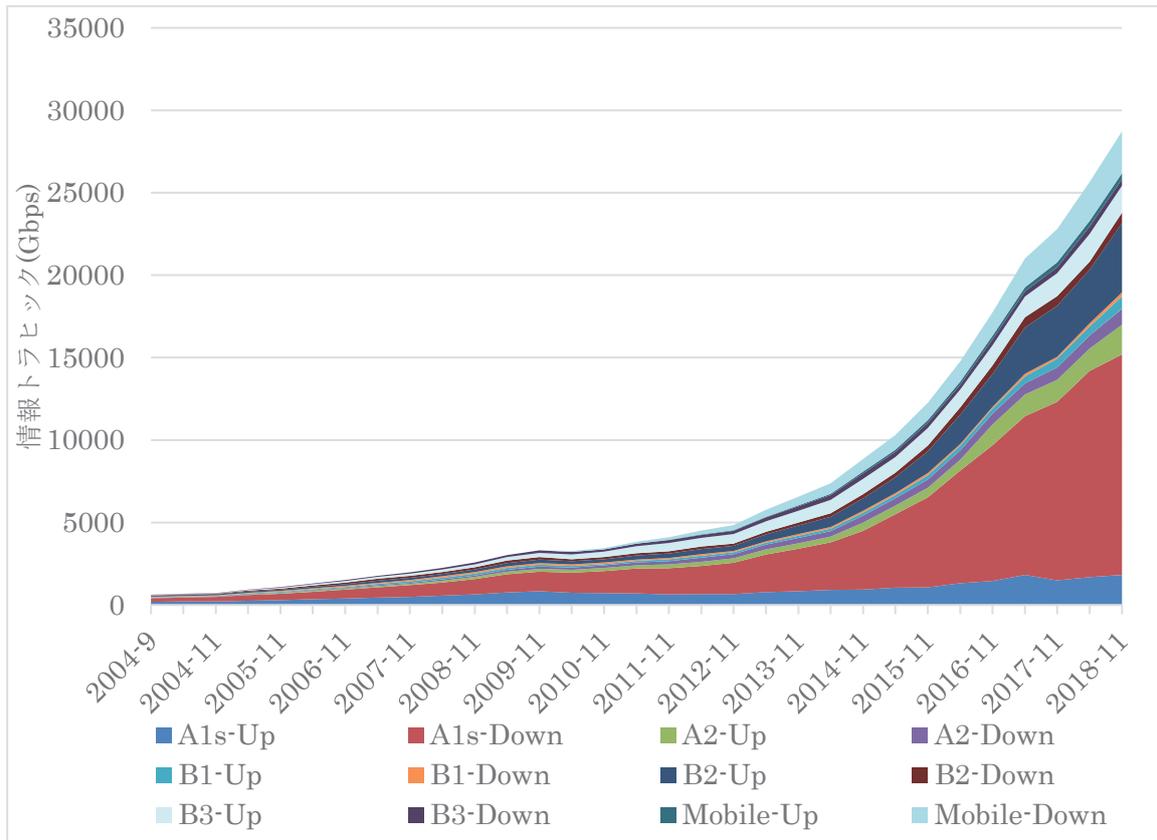


図4 情報トラフィック内訳別推移 (A1sはISP5社による推定値) [11]から作成

表2には、各トラフィックの成長率をまとめる。2013年以降の急速な拡大が明らかである。

表2 トラフィックの成長率 [11]から作成

|                          | (A1s)<br>ブロードバンド<br>サービス契約者<br>の総トラフィック<br>(ISP5社シェ<br>アによる推定<br>値) [Gbps] |        | (A2)<br>その他の契約<br>者(専用線、<br>データセンタ<br>ー等)のトラ<br>フィック<br>[Gbps] |      | (B1)<br>国内主要IX<br>と協力ISP5<br>社とで交換さ<br>れるトラヒッ<br>ク<br>[Gbps] |      | (B2)<br>国内主要IXを<br>介さず国内ISP<br>等と協力ISP5<br>社とで交換され<br>るトラヒッ<br>ク<br>[Gbps] |      | (B3)<br>国外ISP等と<br>協力ISP5社と<br>で交換されるト<br>ラヒッ<br>ク<br>[Gbps] |      | (M)<br>移動体通信の<br>トラヒッ<br>ク<br>[Gbps] |       | (T)<br>総合計<br>[Gbps] |
|--------------------------|--|--------|--|------|--|------|--|------|--|------|--------------------------------------|-------|----------------------|
|                          | Up   | Down   | Up   | Down | Up   | Down | Up   | Down | Up   | Down | Up                                   | Down  | Total                |
| 2004年値                   | 222  | 255    | 16   | 16   | 38   | 33   | 55   | 43   | 29   | 17   | n.a.                                 | n.a.  | 723                  |
| 2013年値                   | 830  | 2,571  | 337  | 326  | 139  | 95   | 521  | 186  | 715  | 260  | 65                                   | 521   | 6,565                |
| 2018年値                   | 1,817  | 13,376 | 1,367  | 795  | 544  | 182  | 3,259  | 475  | 1,696  | 442  | 375                                  | 2,535 | 28,725               |
| 2018/2004<br>年成長率<br>(%) | 16.2   | 32.7   | 40.1   | 34.1 | 23.9   | 15.4 | 36.3   | 21.0 | 33.5   | 25.2 | 69.2                                 | 60.6  | 30.1                 |
| 2018/2013<br>年成長率<br>(%) | 17.0   | 39.1   | 40.1   | 23.9 | 40.5   | 20.8 | 51.8   | 27.3 | 18.0   | 8.5  | 41.9                                 | 37.2  | 34.3                 |

(注) いずれも、各年11月の通信量を記載。なお移動体通信のみ12月の通信量が示されている。

## 2.2 コンテンツ需要とトラヒック需要の関係

次いで、トラヒック需要を情報コンテンツ需要から推計し、将来の予測を行うことを考える。総務省情報通信政策研究所 [13] は、コンテンツ別の消費情報量の推移を示している。なお、地上波、BS など放送は非通信系コンテンツに分類されている。この調査は、テキストページ数や動画の視聴時間を情報量に換算した推定値も含む。結果の一例を表 3 に示す。

この表から、端末ユーザーが消費する情報量では、動画が圧倒的なことがわかる。この全情報消費量と、配信で供給されるトラヒックの関係を見る。表 4 は、前節に示したトラヒック調査の固定系および移動系の A1 ダウンロードトラヒック年間情報量 (EB/年) と、上記の動画配信情報量 (EB/年) を比較した。表 4 が示すよう、2014 年以降映像情報の配信量が急増し、エンドユーザーのダウンロードトラヒックの約 90% を占めるに至っている。

表 3 総務省情報通信政策研究所, 「メディア・ソフトの制作及び流通の実態に関する調査研究」による通信系コンテンツ消費の推移 [13]

| 年    |            | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   |
|------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 全市場  | 映像系 (億時間)  | 1,735  | 1,727  | 1,670  | 1,775  | 1,830  | 1,859  | 1,786  | 1,762  | 1,770  | 1,775  |
|      | 音声系 (億時間)  | 275    | 294    | 263    | 248    | 249    | 270    | 261    | 253    | 232    | 240    |
|      | テキスト系 (兆頁) | 11.5   | 10.6   | 10.4   | 10.3   | 10.5   | 9.8    | 11.8   | 9.5    | 10.7   | 11.6   |
|      | 映像系 (EB)   | 1,320  | 1,313  | 1,270  | 1,350  | 1,392  | 1,414  | 1,358  | 1,340  | 1,346  | 1,350  |
|      | 音声系 (EB)   | 0.932  | 0.997  | 0.892  | 0.841  | 0.844  | 0.915  | 0.885  | 0.858  | 0.787  | 0.814  |
|      | テキスト系 (EB) | 2.277  | 2.099  | 2.060  | 2.040  | 2.079  | 1.941  | 2.337  | 1.881  | 2.119  | 2.297  |
|      | 合計 (EB)    | 1322.8 | 1316.6 | 1273.1 | 1352.9 | 1394.8 | 1416.7 | 1361.6 | 1342.9 | 1349.1 | 1353.1 |
| 通信市場 | 映像系 (億時間)  | 126    | 163    | 182    | 254    | 294    | 403    | 461    | 475    | 517    | 600    |
|      | 音声系 (億時間)  | 91.67  | 98.00  | 98.63  | 110.22 | 124.50 | 101.25 | 97.88  | 108.43 | 116.00 | 90.00  |
|      | テキスト系 (兆頁) | 1.49   | 1.48   | 1.49   | 1.53   | 1.75   | 1.52   | 2.10   | 2.11   | 2.43   | 2.97   |
|      | 映像系 (EB)   | 96.0   | 123.9  | 138.6  | 192.9  | 223.7  | 306.3  | 350.5  | 361.6  | 393.5  | 456.6  |
|      | 音声系 (EB)   | 0.311  | 0.332  | 0.334  | 0.374  | 0.422  | 0.343  | 0.332  | 0.368  | 0.393  | 0.305  |
|      | テキスト系 (EB) | 0.295  | 0.294  | 0.294  | 0.304  | 0.347  | 0.302  | 0.415  | 0.418  | 0.482  | 0.588  |
|      | 合計 (EB)    | 96.3   | 124.2  | 138.9  | 193.2  | 224.1  | 306.7  | 350.9  | 362.0  | 393.9  | 456.9  |

この映像情報の配信シェアの推移を分析する。なお、この調査では、表 5 のように通信系と非通信系が定義されている。テレビ放送やビデオなど直ちに通信系に移行可能なものが、定義上非通信系に含まれている。このため、現在の映像情報配信シェアは 46.5% となる。しかし映像系メディアのうち、非配信でしか提供されないものは映画の一次利用のみであり、これは、過去全映

像市場の 3.3%から 3.8%の間のシェアで上下している。そこで、将来のシェアについて、飽和値 96.5%を仮定してロジットモデルを適用する。結果は

$$\ln \left( \frac{\text{映像シェア}}{1 - \text{映像シェア}} \right) = 0.212 * \text{Year} - 427. \quad (1)$$

$$(20.5) \quad R^2=0.98$$

となる<sup>2)</sup>。これを延長すると、図 5 のように 2030 年にはほぼすべてが配信サービスに移行すると考えられる。

表 4 トラヒック調査と動画配信量の年間情報量比較

|                          | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 総務省トラ<br>ヒック調査<br>(EB/年) | 29.3  | 37.7  | 45.0  | 55.4  | 69.7  | 97.5  | 136.2 | 205.5 | 304.1 | 404.6 | 501.8 |
| 映像情報：<br>通信系換算<br>(EB/年) | 96.0  | 123.9 | 138.6 | 192.9 | 223.7 | 306.3 | 350.5 | 361.6 | 393.5 | 456.6 | —     |
| 流通量比率                    | 30.6% | 30.4% | 32.5% | 28.7% | 31.2% | 31.8% | 38.8% | 56.8% | 77.3% | 88.6% | —     |

表 5 総務省調査 [13] の映像情報の定義

|           | 流通メディア   |
|-----------|--|
| 通信系コンテンツ  | PC インターネット、携帯インターネット、その他通信ネットワーク<br>(デジタルサイネージ、通信カラオケ、オンラインDB) |
| 非通信系コンテンツ | 劇場上映 (デジタル)、ビデオ (DVD/BD)、地上放送、衛星放送、ゲーム、<br>レコード (CD)、オフラインDB   |

注：ビデオには、販売、レンタルが含まれる。

<sup>2)</sup> ( ) 内は回帰係数の t 値を表す。以下、本章に現れる時系列データに対する回帰式は、いずれも単位根検定をパスしている。

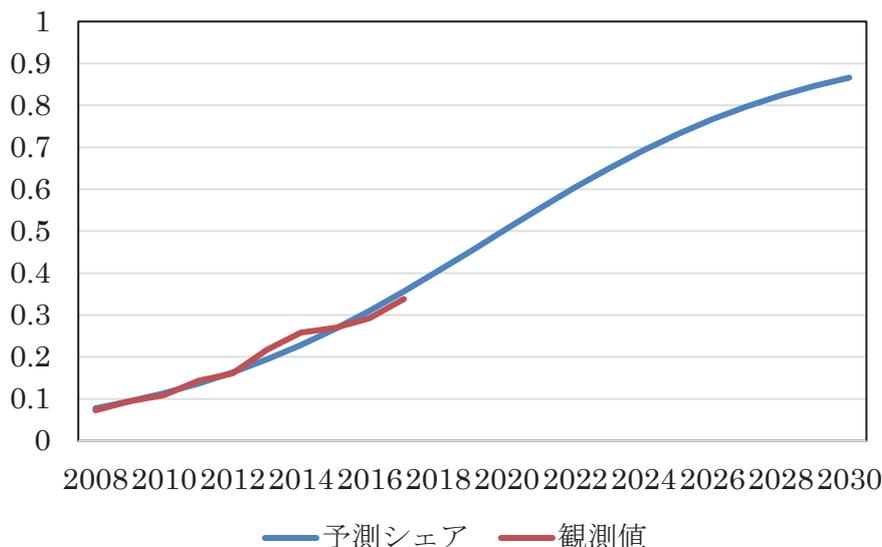


図5 全映像情報消費における配信シェア（飽和値 96.5% を仮定）

次に、コンテンツ別の情報消費量に着目する。ここでは、一人当たり情報消費量と一人当たり実質所得に着目する。

(1) 映像視聴時間

表6のように全人口に対する一人当たり視聴時間は所得や価格に対し有意な結果を与えなかったが、「64歳以下人口一人当たり視聴時間」は「一人当たり実質GDP」と有意な結果を与えた。回帰係数のt値は4.54である。推移を図6に示す。なお、ゲーム、テレビ、Web視聴などはここに入る。

表6 年齢別一人当たり映像視聴時間と一人当たりGDPの関係式

|                | ln(一人当映像時間) | ln(U59人当映像時間) | ln(U64人当映像時間) | ln(U69人当映像時間) | ln(U74人当映像時間) |
|----------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ln GDP/人       | 0.44        | 1.04          | <b>1.16</b>   | 0.91          | 0.80          |
| 切片             | -0.99       | -5.57         | <b>-6.67</b>  | -4.73         | -3.91         |
| R <sup>2</sup> | 0.27        | 0.62          | <b>0.72</b>   | 0.59          | 0.55          |

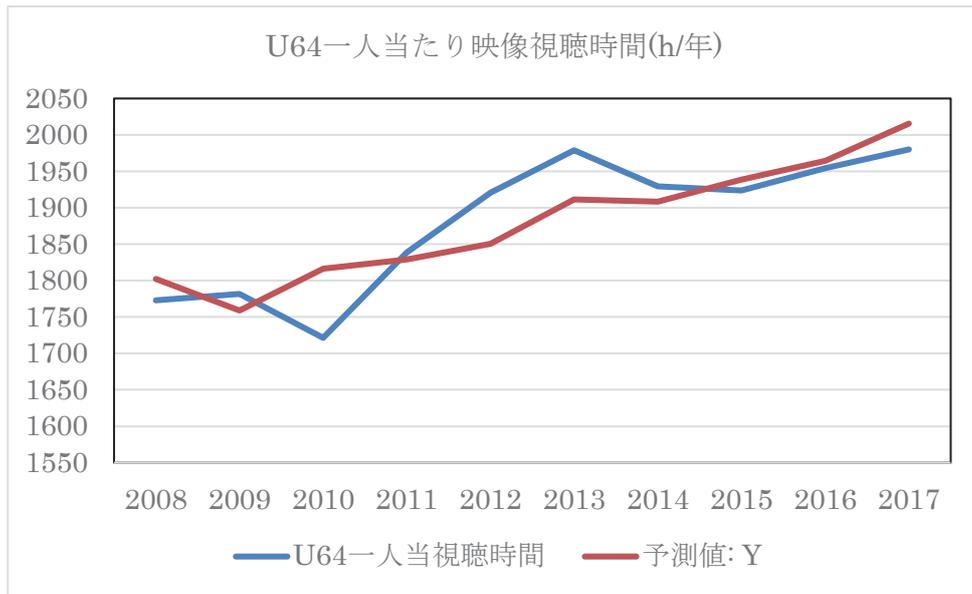


図6 64歳以下人口一人当たり映像視聴時間の実績値と一人当たり所得による回帰予測値の推移

(2) 音声情報需要時間

音声情報は、表3のように漸減傾向が続いている。実際、表7のように一人当たり情報需要の回帰式をとると統計的に有意ではあるものの、 $R^2$ は低い。ここでは、音声系では配信系と非配信系の現状での棲み分けができていると仮定し、配信情報量をそのまま回帰し、予測値とした。

表7 音声情報配信量 回帰分析結果

|          | ln(一人当音声時間) | ln(U59人当音声時間) | ln(U64人当音声時間) | ln(U69人当音声時間) | ln(U74人当音声時間) |
|----------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ln GDP/人 | -1.28       | -0.68         | -0.56         | -0.81         | -0.92         |
| 切片       | 11.33       | 6.76          | 5.65          | 7.59          | 8.41          |
| $R^2$    | 0.50        | 0.23          | 0.15          | 0.28          | 0.34          |

(3) テキスト情報需要ページ

テキスト情報では、表3のように配信市場の割合が増加する傾向がうかがえるものの、全体としては明確な傾向はなく、一人当たりでも有意な回帰式は得られていない。ここでは、一人当たりで一定値を仮定することとしている。

また、テキスト情報では配信シェアが増えていることから、配信シェアについてロジットモデルを適用したところ、次の関係を得た。

$$\ln \left( \frac{\text{配信シェア}}{1 - \text{配信シェア}} \right) = 0.090 * (\text{年次}) - 183. \quad (2)$$

(8.98)                   $R^2=0.90$

以上のコンテンツ回帰式に、GDP 成長シナリオのもとで、国立人口問題研究所による年齢別将来人口予測 [16] と合わせ適用することで将来のコンテンツ別情報需要を推計できる。ここでは、GDP 成長率を 0.8% / 年とした。

これによる推計値に (1) および (2) の配信シェアを乗じることで、コンテンツ別の配信情報需要量の予測値を得られる。ただし、映像については画質による通信トラヒックが大きく変化するので、現状から通信量が ×2、×3、×4 と変化した場合の推移を図 7 に示す。音声情報、テキスト情報は無視できる大きさでしかない。実際には、×1 から ×4 まで逐次推移するものと考えられる推移平均の線は、一例として 2025 年に ×2 画質に、2040 年に ×4 画質に 90% 移行すると仮定した場合のシナリオである。表 8 には、各ケースの 2015 ~ 2030 年間の平均成長率を示した。

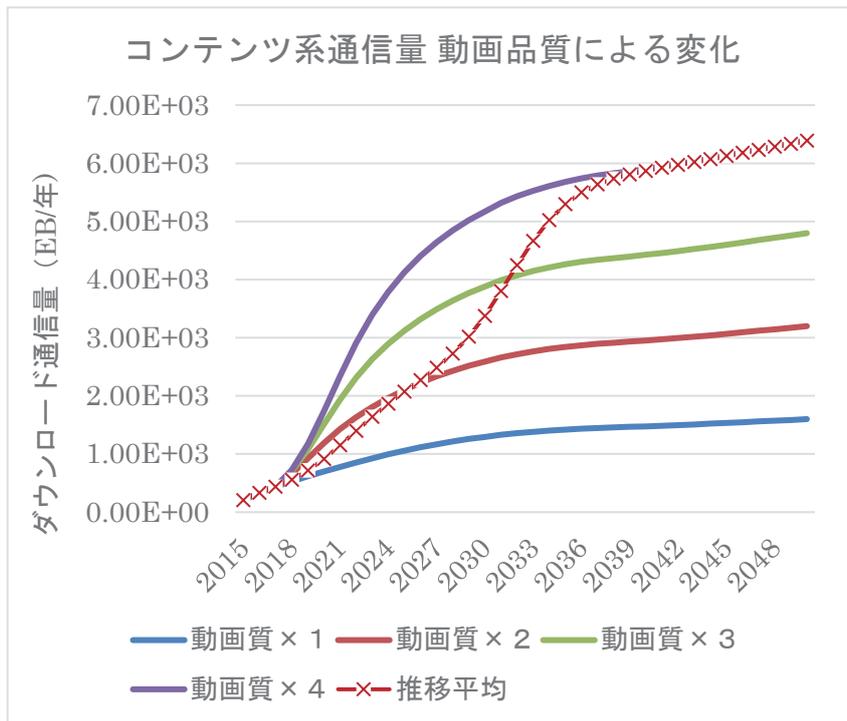


図 7 コンテンツ系情報配信通信量 動画品質による変化

表 8 配信動画画質による 2030/2015 間通信量成長率

|             | 動画質<br>× 1 | 動画質<br>× 2 | 動画質<br>× 3 | 動画質<br>× 4 | 推移平均  |
|-------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| 2030/2015 比 | 13.0%      | 18.3%      | 21.5%      | 23.9%      | 20.4% |

日本では、人口が飽和から減少に向かうため、2030 年を過ぎると通信量も飽和傾向となる結果が得られているが、動画質の向上のため、それでも年率約 20% の成長が見込まれる。

### 2.3 全トラヒック需要の将来予測

前節のコンテンツ需要から推計した情報トラヒック需要は、A1 + 移動体通信ダウンロードに相当する。全体のトラヒックを推計するために、総務省トラヒック調査をもとに、① A1 (端末) アップロード / ダウンロード比率、② A2 全トラヒック (一般ユーザー + DC + 企業)、③ B1+B2+B3



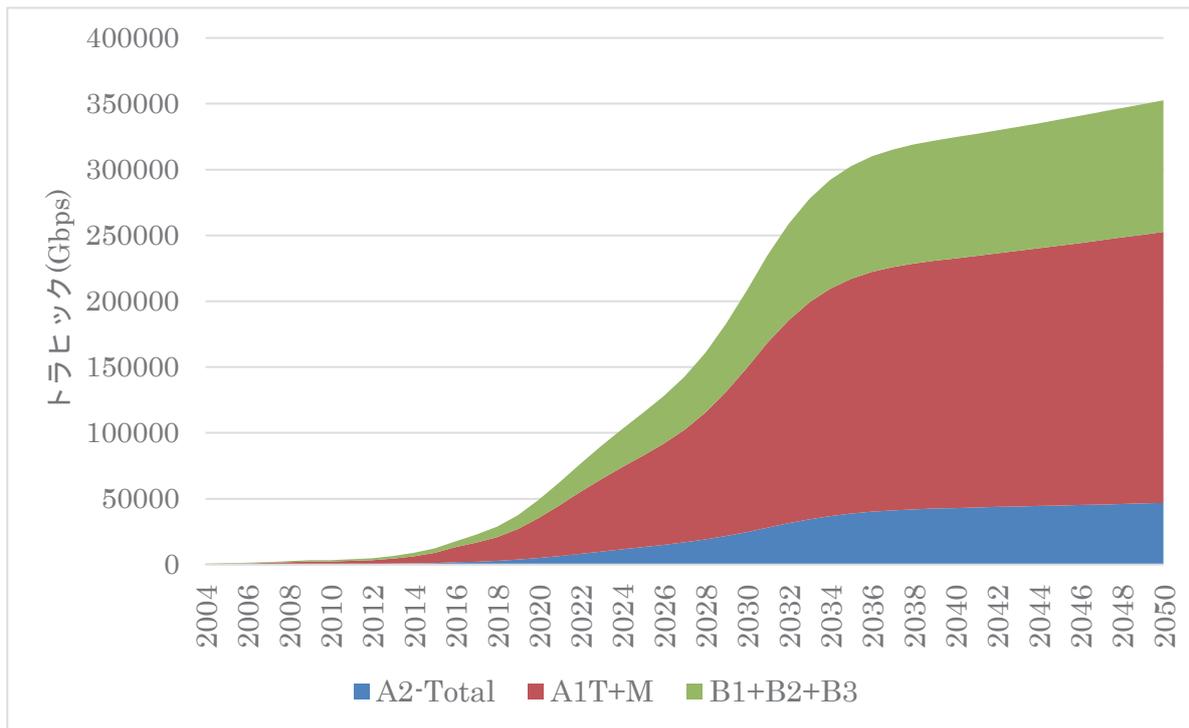


図9 動画質の×1→×2→×4推移の場合の将来の通信トラフィック推定値

年成長率は表9のように、2030年までは年率約22%程度で推移するが、その後人口減少のため飽和に向かう。

表9 トラフィックの将来推移（動画質の×1→×2→×4推移の場合）

| 年成長率      | A1s+M | A2    | B1+B2+B3 | Total |
|-----------|-------|-------|----------|-------|
| 2018/2010 | 30.6% | 30.1% | 29.8%    | 30.3% |
| 2030/2010 | 21.7% | 23.1% | 22.0%    | 22.0% |
| 2050/2010 | 12.1% | 13.1% | 12.3%    | 12.3% |

LCS 政策提案書 [10] では、Cisco の報告と過去の実績値に基づき年率 27% の成長が継続されることを前提として技術評価を行っている。本予測では、2030 年までは年率 20% を超える成長を示すものの、それ以降は飽和傾向が示される。これは、本予測では過去のトラフィック増加の主因と考えられる動画配信サービスの拡大のみを対象として将来に延長したのに対し、[10] では過去の 27% 成長と同様のインターネット需要が今後も新たに発生し続けることを仮定しているためである。

動画配信について、将来の大きな可能性の一つである VR 配信をとりあげる。3D 360 度の映像の提供は、従来のディスプレイとは全く異なるサービスとなる可能性がある。矢野経済研究所 [17] は、

「国内の XR (VR/AR/MR) 360° 動画市場規模は 2019 年 (見込み) 3951 億円から 2025 年 (予測) 11952 億円に成長する」 (年率 20% の成長)



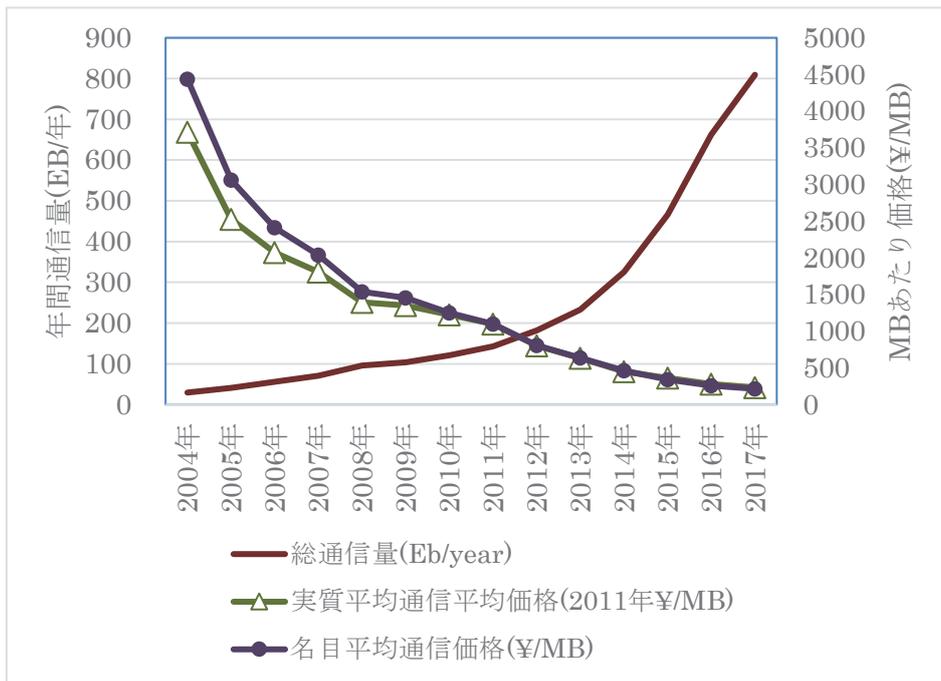


図 10 年間総通信量と MB あたり通信関連業産出額（平均価格）の関係

### 3. ICT の生産性への影響と Covid-19 緊急事態宣言におけるテレワークの分析

前章では動画配信など主に娯楽系コンテンツの情報トラヒックの影響を分析した。ビジネスへの影響としては、まず情報技術の導入による生産性変化と、テレワークなど「働き方」の変化が企業の生産性や情報トラヒックにどのように影響するかの定量的評価が、Society5.0 を社会に実装し、ゼロエミッション社会へのイノベーションの 1 ステップとするための課題となる。しかし、プロダクトイノベーションと異なり、オフィスワークの生産性改善とはマネジメントやビジネスモデルの改良など、効果が全体的なため ICT 導入の定量的評価は難しい。

ICT の利用の導入実績と生産性への効果は、平成 12 年から続く総務省の通信利用動向調査（企業編）のアンケート調査を利用できる [18]。この調査では、テレワーク、AI/IoT、クラウドサービスの情報技術導入率と生産性への効果を企業にアンケート調査している。平成 29 年から令和元年度の調査では、産業部門別の生産性変化も示している。まず、この調査結果をもとに ICT 導入と労働生産性の効果を見る。

#### 3.1 総務省アンケート調査の分析と知見

##### (1) IoT/AI の利活用と生産性変化

この調査では、IoT/AI の利活用を「データの収集・解析の ICT 化」と位置付ける。2016 年以前では、調査対象が「電子タグ、GPS 等の無線通信技術の採用」となっていたため、データが連続しない点に注意が必要である。

図 11 に 2008 ～ 2019 年間の IoT/AI（2016 年以前は無線タグ）導入企業比率、図 12 にその生産性改善効果を資本金 5000 万円以上 / 未満別に、図 13 にはその製造業 / 非製造業別に図示した。なお調査企業数は全国約 2,400 ～ 2,800 社、生産性とは（営業利益 + 人件費 + 減価償却費）÷ 従業員数で定義されている。

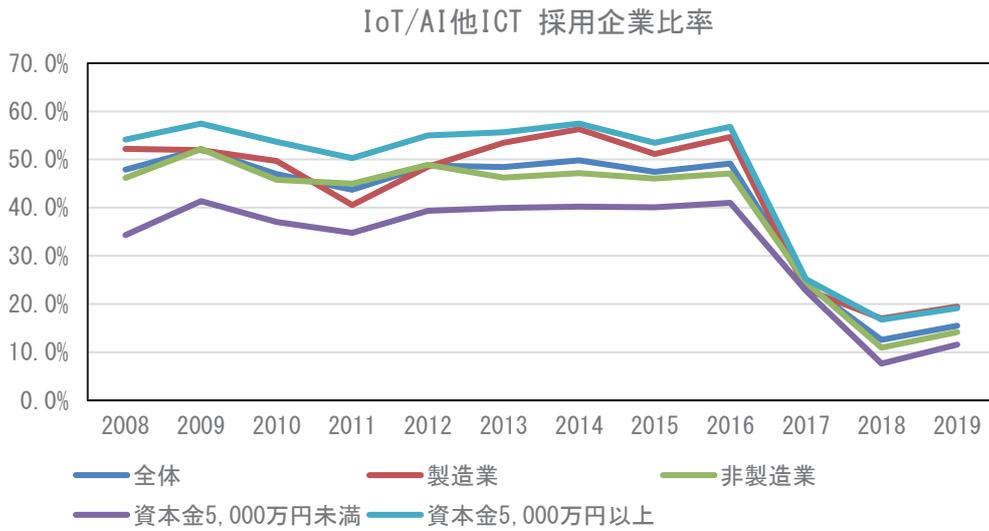


図 11 アンケート回答企業の IoT 導入（2016 年以前は無線通信技術）企業比率の推移

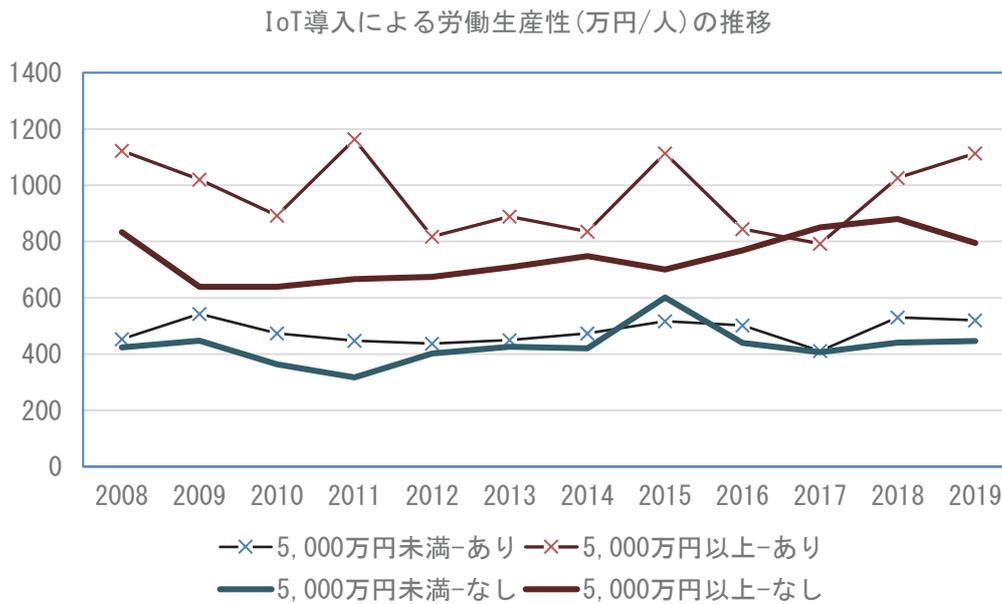


図 12 IoT 導入による生産性変化（2016 年以前は無線通信技術）の推移—企業規模別

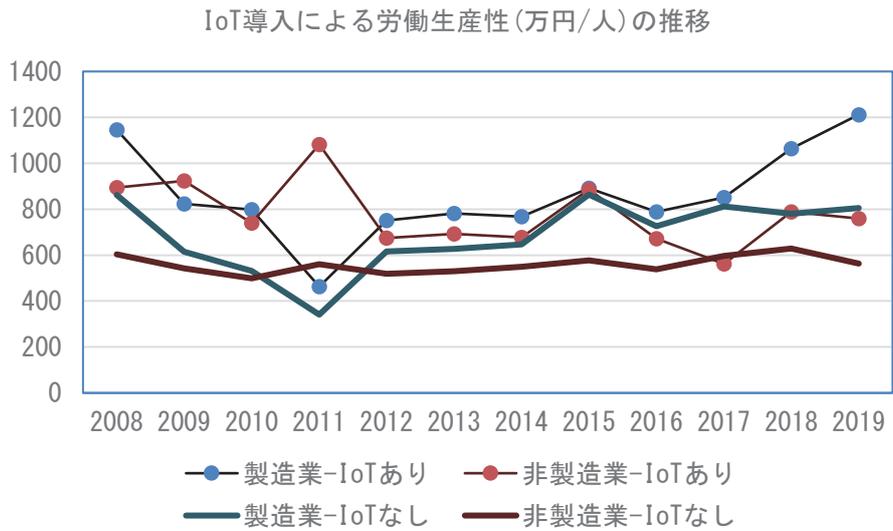


図 13 IoT 導入による生産性変化（2016 年以前は無線通信技術）の推移—業種別

ほぼ全期間を通じ、図 13 では製造業、非製造業とも IoT 導入企業の方が高い生産性を示しており、製造業で期間平均 20%、非製造業で期間平均 27%の情報を示す。図 12 は企業規模の差を明確に示しており、5000万円以上で期間平均 22%、5000万円未満で 8%の差となっている。しかし、ほぼ全期間で IoT 導入は生産性向上に寄与している。

(2) クラウドコンピューティング利用

図 14 に 2008～2019 年間のクラウドコンピューティング /SaaS 導入企業比率の推移、図 15 にその生産性改善効果を資本金 5000万円以上 / 未満別に、図 16 にはこれを製造業 / 非製造業別に示した。クラウドコンピューティング /SaaS はソフトウェア管理をアウトソーシング化し、その要員を削減できるので生産性の向上が期待できる。これは業種と企業の規模によるが、図 14 はあらゆる企業に普及が進んでいることを示す。

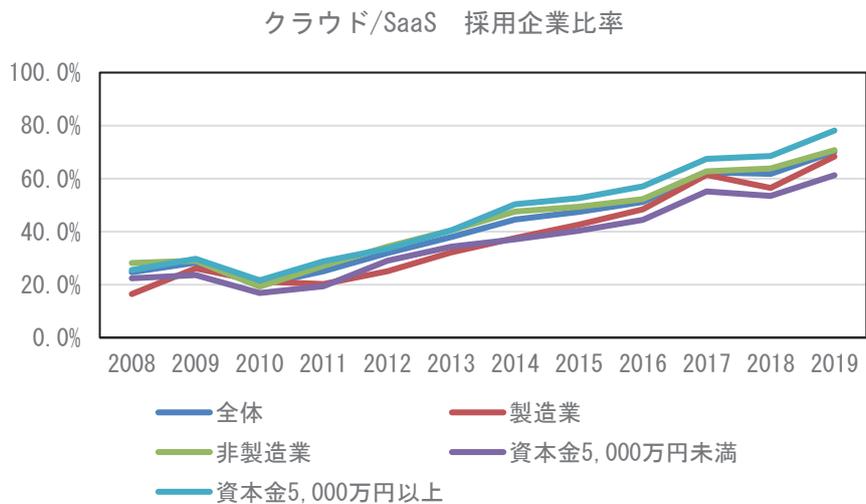


図 14 アンケート回答企業のクラウド /SaaS 導入企業比率の推移

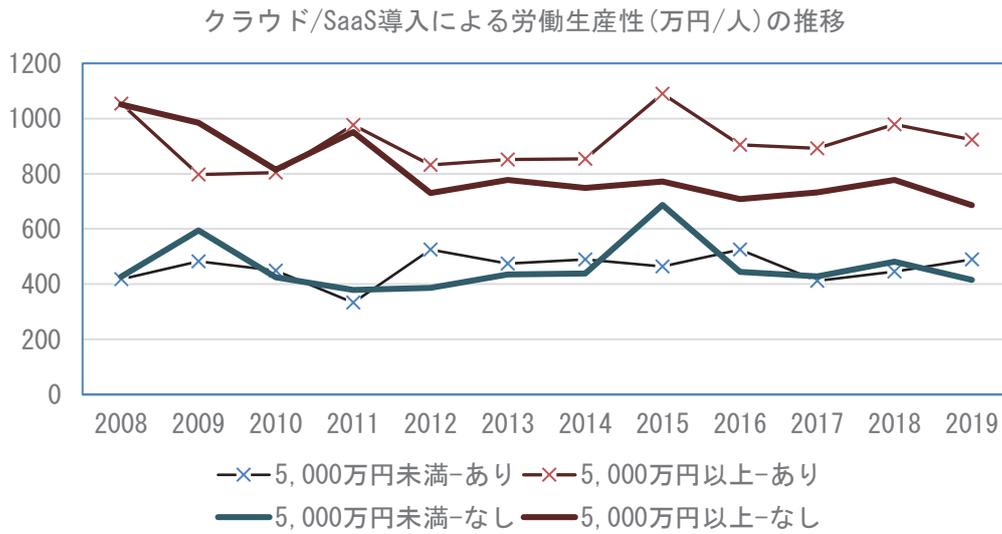


図 15 クラウドコンピューティング/SaaS 導入による生産性変化の推移—企業規模別

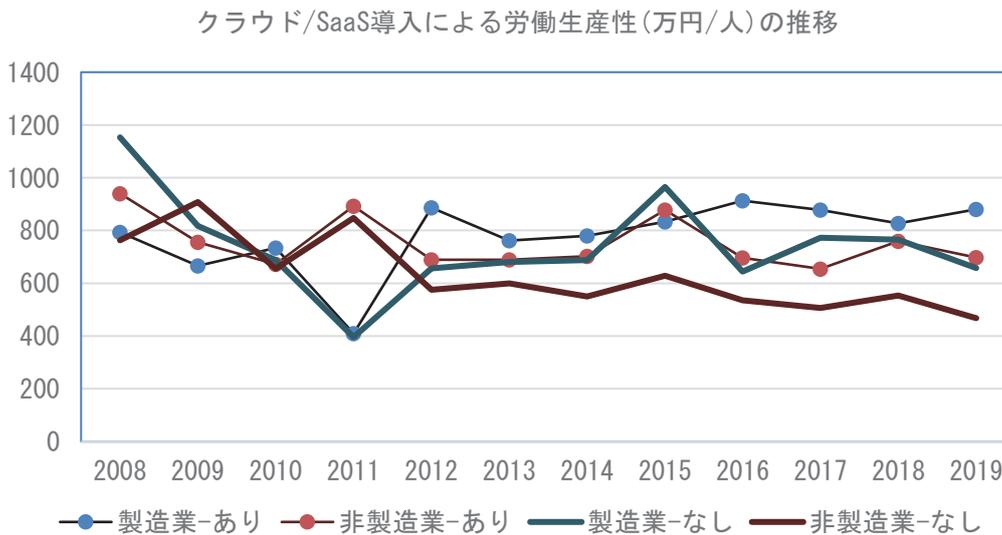


図 16 クラウドコンピューティング/SaaS 導入による生産性変化の推移—業種別

図 15 は、企業規模が大きいほどクラウドコンピューティングの効果も顕著である一方、5000 万円未満の企業規模では効果が薄いことが示される。2008 年以降の期間平均生産性向上率は大企業、中小企業それぞれ 25.0%、1.9%、業種の差ではほぼ 2012 年以降導入効果が製造業・非製造業ともに現れており、2013 年以降の期間平均生産性向上率はそれぞれ 15.5%、32.5%である。

なおクラウドコンピューティングについては、次のような回帰式を得ることができた。

$$\begin{aligned}
 (\text{生産性}) = & 435.5 + 401.8* (\text{資本金 } 5000 \text{ 万円以上ダミー}) + 49.5* (\text{クラウド利活用ダミー}) \quad (6) \\
 & (14.6) \qquad \qquad \qquad (1.8) \qquad \qquad \qquad R^2=0.82
 \end{aligned}$$

クラウド利活用ダミーの p-値は 0.078 であり、さほど高いとはいえない。これは資本金 5000 万円未満の企業は効果が明確でないためである。

### (3) テレワーク

テレワークは、在宅勤務、移動オフィス、サテライトオフィスからなる。図 17 に 2008～2019 年間のテレワーク導入企業比率の推移、図 18 にその導入による生産性改善効果を資本金 5000 万円以上 / 未満別に、図 19 には製造業 / 非製造業別に示した。図 17 から、2011 年以降テレワーク導入が全体的に拡大していることがわかる。

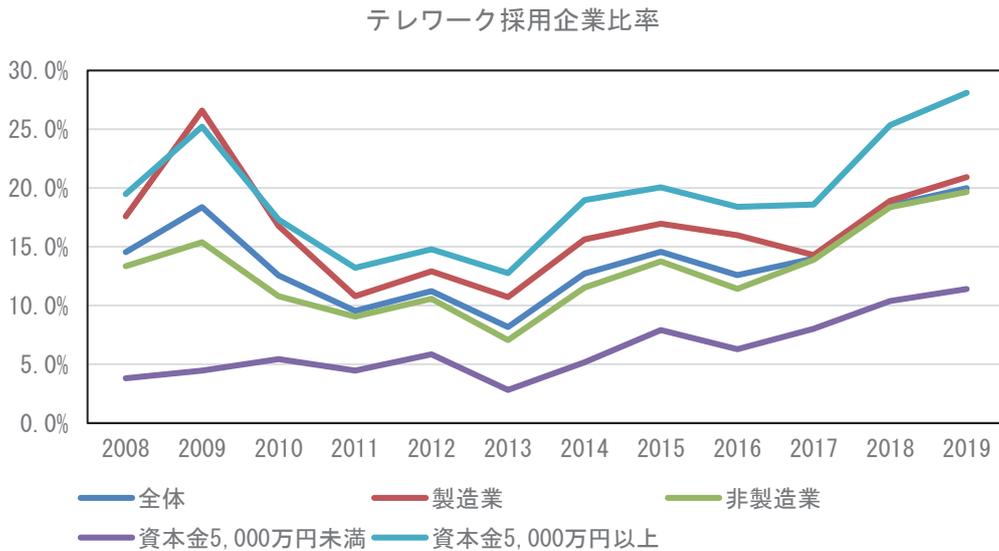


図 17 アンケート回答企業のテレワーク導入企業比率の推移

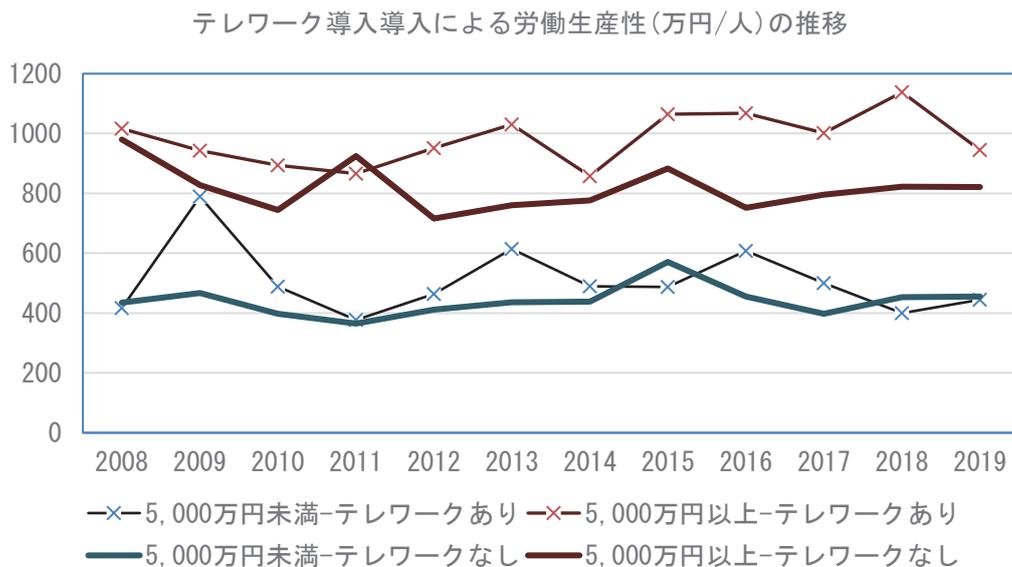


図 18 テレワーク導入による生産性変化—企業規模別

テレワーク導入による労働生産性(万円/人)の推移

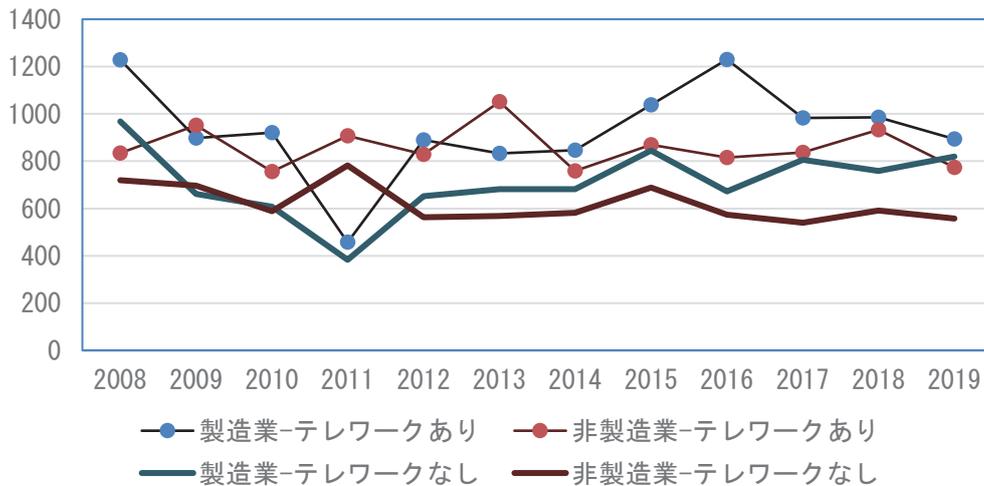


図 19 テレワーク導入による生産性変化—業種別

テレワークの場合も、企業規模の差が顕著である。製造業、非製造業で見ても対象企業は2012年以降高い効果を示している。すなわち、テレワークに対応するマネジメント体制のある大企業では生産性の向上を実現でき、これは業種にあまりよらない、という知見を得ることができる。生産性について、以下のような回帰式を得た。

$$(\text{生産性}) = 425.2 + 407.5 * (\text{資本金 } 5000 \text{ 万円以上ダミー}) + 846.7 * (\text{従業員テレワーク率}) \quad (7)$$

(16.2) (4.9)  $R^2=0.87$

以上から、この総務省の調査から次のような知見を得ることができる。

- ① ICT 導入と生産性上昇の間には、定性的には正の関係が見られる。ただし、資本金 5000 万円以上の企業で顕著なことから、ICT 活用のために業態を変えるだけのゆとりのあった企業では、20%～30%の生産性改善が実現できたと解釈できる。SaaS/クラウドコンピューティングではこれが比較的顕著に見られる。テレワークも同様である。IoT/AI はアンケート設問が途中で変化しているため一貫性に欠けるが資本金 5000 万円以上の企業で効果がみられる点は同様といえる。
- ② 調査によればテレワーク、SaaS/クラウドの採用企業割合はほぼ並行して拡大しており、これらは大企業では同時に導入されている可能性が高く、効果の分離は困難である。テレワークではモバイルワークと在宅勤務が主でありサテライトオフィスは少ない。
- ③ IoT/AI 調査の設問は 2017 以降導入され、それ以前は IC タグなど無線技術によるデータ収集が調査されており不連続となっている。しかし、いずれも導入企業割合は調査期間内でほぼ一定である。2017 年以降の生産性上昇への寄与の傾向はまだはっきりしないものの、2019 年では全業種で正の効果が出ている。
- ④ 以上から、今回、主にビジネスマネジメントに着目する汎用性の高い ICT 導入は、一貫して大企業において効果を出し、採用企業割合が高まるにつれ産業全体の生産性改善に寄与したと考えられる。しかし、資本金 5000 万円以下の中小企業ではいずれの ICT もまだ効果が明らかでなく、全体として差が拡大する懸念がある。

産業全体としては、これら ICT 導入の普及率の上昇とともに生産性も上昇すると考えられる。図 14、図 17 に見られるよう、導入企業の割合はクラウド/SaaS では 2010 年以降、テレワークは 2012 年以降に比較的明確な上昇トレンドが見られた。産業全体では、採択企業の生産性上昇率に採用企業率を乗じた平均値で生産性が上昇すると考えられる。そこで、テレワークとクラウド/SaaS の 2ICT について、導入シェアにロジットモデルを適用し将来のシェアの推移を求めた。結果を表 10 に示す。

表 10 テレワーク及びクラウド/SaaS 採用企業シェアのトレンド

|                     |                | A     | R <sup>2</sup> | F     |
|---------------------|----------------|-------|----------------|-------|
| テレワーク実施企業ロジット値      | 全体             | 0.141 | 0.804          | 10.27 |
| テレワーク実施企業ロジット値      | 製造業            | 0.094 | 0.643          | 4.50  |
| テレワーク実施企業ロジット値      | 非製造業           | 0.165 | 0.827          | 11.97 |
| テレワーク実施企業ロジット値      | 資本金 5,000 万円未満 | 0.214 | 0.834          | 12.58 |
| テレワーク実施企業ロジット値      | 資本金 5,000 万円以上 | 0.129 | 0.766          | 8.20  |
| クラウド/SaaS 実施企業ロジット値 | 全体             | 0.195 | 0.922          | 59.29 |
| クラウド/SaaS 実施企業ロジット値 | 製造業            | 0.209 | 0.926          | 62.73 |
| クラウド/SaaS 実施企業ロジット値 | 非製造業           | 0.190 | 0.902          | 45.92 |
| クラウド/SaaS 実施企業ロジット値 | 資本金 5,000 万円未満 | 0.178 | 0.900          | 45.07 |
| クラウド/SaaS 実施企業ロジット値 | 資本金 5,000 万円以上 | 0.222 | 0.937          | 73.94 |

ここでは  $\ln(\text{採択率} / (1 - \text{採択率})) = A \cdot \text{Year} + B$  をあてはめた。

IoT/AI は 2018 年、2019 年の 2 点しか調査がなくトレンドについては議論できないので、クラウドコンピューティングのパラメータを適用し延長するとする。

なお、現在、経済産業省では中小企業向けのサプライチェーンの電子化によるデータ交換共有プロジェクトを進めており（ドイツが Industry4.0 で先行）、このようなインフラによるトランザクション時間短縮ができれば、次第に大企業の生産性向上効果に近づくことが期待できる。

### 3.2 Covid-19 緊急事態宣言下におけるテレワークの影響

テレワークの導入は、「働き方」を改革し、生産性にもプラスに寄与するといわれており、同時に通信トラヒックにも負荷をかけることになる。これまでは採用企業が限られデータが不十分であったが、2020 年 3 月のコロナ禍による緊急事態宣言によりテレワークに急速に注目が高まり、都市部では多くの企業が導入した。これに伴い、多くの機関がテレワークの実態調査アンケートを実施した。

例えば、Cnet Japan[19] は Unipos 調査を以下のように紹介している。

2020 年 4 月に Unipos が実施したアンケートは、テレワークによる「全国のテレワークを実施している上場企業の管理職 333 名と 20 歳以上の正社員 553 名(一般社員)を対象として、『テレワーク長期化に伴う組織課題』に関する意識調査を 4 月 24～27 日にインターネットリサーチという形で実施。その結果を 4 月 30 日付で公表」では、一般社員で 44.6%、管理職で 38.7%が生産性の低下を回答している。理由は、過去にも指摘されてきたよう、「コミュニケーションの取りにくさ」「社内連携の難しさ」が上位である。しかし、コロナ終息後もテレワークを望むか、に対

しては管理職 56.1%、一般社員 41%が望む、という回答をしている。

さらに同 Cnet Japan[20, 21] は MF-KESSAI、Holmes のアンケート調査を次のように紹介した。また、MF-KESSAI のアンケートは経理財務・会計担当者のテレワークの対応状況として 8 割以上が緊急事態宣言後も出社していること、その理由は請求書など紙ベースの決済が必要なため、としている。

同様のアンケートは Holmes にもあり、契約関連が紙ベースであることがテレワーク業務を困難にしている、と回答している。上記の表でも、産業業種よりも、資本金による差が業務形態の改革へのゆとりをもたらし、テレワークに影響していることが示唆されている。

東京都も、2020 年 4 月に「テレワーク導入率緊急調査」を実施し、9 月にはそのフォローアップ調査の結果を報告している [22]。これらは、テレワークに対応する社内マネジメントの必要性を指摘するものである。

パーソル総合研究所 [23] は、2020 年 4 月 10 ～ 12 日に全国 2.5 万人規模の調査を実施し、結果を公表している。ここでは、地域別・業種別・職種別テレワーク実施率に加え、4 月 3 日～ 10 日までの出社率や消失した業務など詳細な調査結果が県別に報告されている。ただし、農業・鉱業は対象外である。これを用い、テレワーク実施率と NTT が公表しているトラヒック上昇率を比較することとする。

図 20 に 2020 年 4 月 3 日～ 10 日までの出社率調査結果を示す。

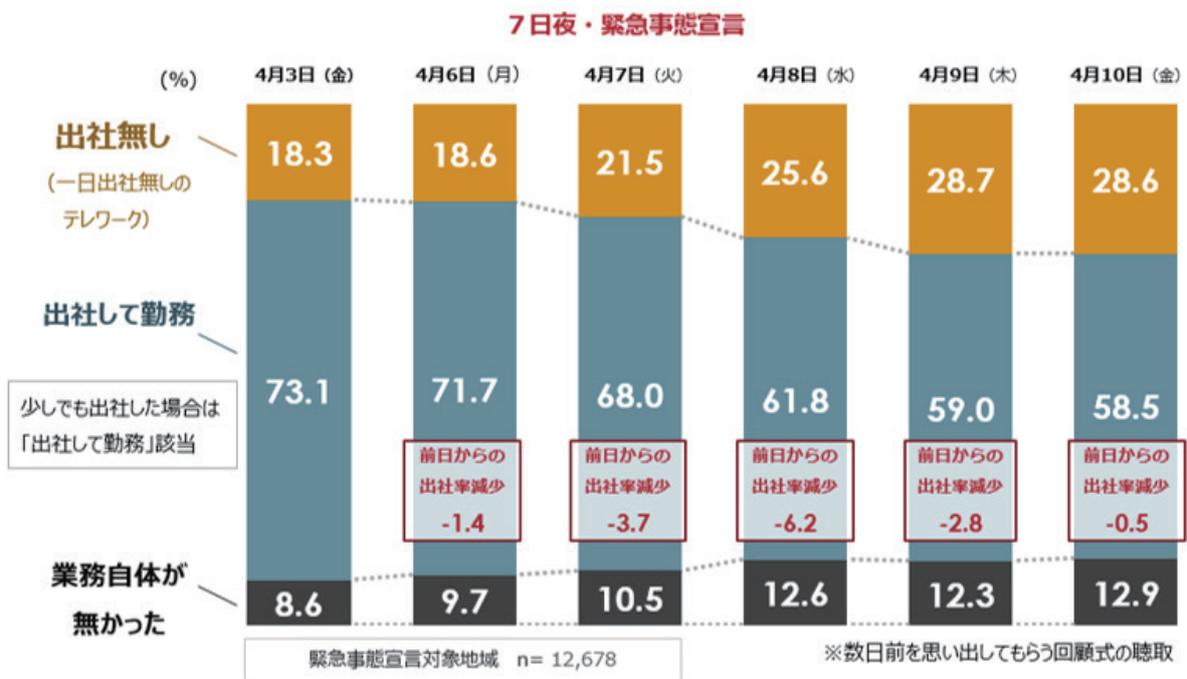


図 20 パーソル総研による緊急事態宣言地域の 7 都府県における出社率 [23]

このように、約 30%がテレワークで業務に従事し、業務そのものが約 13%消失していることがわかる。表 11 にパーソル総研による出社率とテレワーク実施率を地域別に集計した結果を示す。ここで、実施率はテレワーク対象となった社員割合であるが出社率は出社した社員の割合である。また、テレワーク実施率のほかに「失われた業務（日本全体で 11%）」が存在する。そこで、本来の業務のどれだけの割合がテレワークによってなされたかを推計した。ここでは、この結果を「テレワーク業務率」としている。

テレワーク対象の従業員比率を  $T$  とし、対象者も週の  $\alpha$  は出社すると、テレワーク後の平均出社率は  $(1 - T) + \alpha T$  となるはずである。実際の出社率を  $W$ 、失われた業務を  $X$  とすると、 $\alpha = (W + X + T - 1) / T$  となる。調査データでは  $W + T$  が 1 に満たない地域が多い。日本全体ではこの週に 11.1%の業務が喪失したとされている。そこで、さらに日本全体で失われた業務が 11% になり、かつ  $\alpha \leq 1$  となるように調整を与えた。テレワーク業務率を  $1 - (\text{出社率} + \text{失われた業務率})$  で与えることとした。

表 11 パーソル総研による 2020 年 4 月上旬の出社率、実施率と推計したテレワーク業務率

|                                   | サンプル数   | 出社率(%) | テレワーク<br>実施率(%) | テレワーク<br>業務率(%) |
|-----------------------------------|---------|--------|-----------------|-----------------|
| 全体                                | (22477) | 72.3   | 27.9            | 16.6%           |
| 北海道・東北                            | (1998)  | 81.2   | 12.5            | 4.0%            |
| 関東                                | (10003) | 62.8   | 41.0            | 27.9%           |
| 東海・北陸・甲信越                         | (3743)  | 82.3   | 15.2            | 5.4%            |
| 近畿                                | (3886)  | 76.1   | 25.8            | 14.3%           |
| 中国・四国・九州                          | (2847)  | 80.9   | 12.4            | 4.0%            |
| 緊急事態宣言対象地域（東京、神奈川、埼玉、千葉、大阪、兵庫、福岡） | (12678) | 65.4   | 38.8            | 25.7%           |
| それ以外の地域                           | (9799)  | 81.2   | 13.8            | 4.9%            |
| 東京圏（東京、神奈川、埼玉、千葉）                 | (9093)  | 61.1   | 43.5            | 30.0%           |
| 名古屋圏（愛知、岐阜、三重）                    | (2051)  | 82.9   | 17.8            | 7.2%            |
| 大阪圏（大阪・兵庫、京都・奈良）                  | (3563)  | 76.1   | 26.6            | 14.8%           |

NTT グループは、この間の 2/25 の週と比較したトラヒックの変化を地域別に公表している [24, 25]。一例として、NTT 東日本の 4/6 ~ 10 のトラヒック変化を図 21 に示す [24]。これらのグラフにはトラヒックの絶対量はないものの、平均増加率を読み取ることは概算ではあるが可能である。結果を表 12 に示す。なお、パーソル総研調査では農業・鉱業が対象外となっているため、農業・鉱業については就業者数比率（約 3.5%）を用い業務率を補正している。

24 時間平均のトラヒック変化率とテレワーク業務率の間には、

$$(24 \text{ 時間平均トラヒック変化率}) = 1.05 + 0.28 \times (\text{テレワーク業務率}) \quad (8)$$

$$(4.24) \quad R^2=0.59$$

$$(\text{ピーク時間トラヒック変化率}) = 1.20 + 0.82 \times (\text{テレワーク業務率}) \quad (9)$$

$$(3.06) \quad R^2=0.46$$

の関係を得ることができた。24 時間平均の回帰式は、テレワーク業務率を 10%増やすと、1 日平均のトラヒックが 2.8%増加することを示す。ピークトラヒックははるかに敏感であり、8.2%の増加となる。村田 [26] は、Danish Technologie Institut による図 22 を示しつつ、フランスでは CAS : Centre d'analyse stratégique の 2009 年報告を受け、「テレワークは週 2 日までが効果的」とされている、と指摘している。また、これを超えると疎外感から却って生産性が低下することも述べられている。平均テレワーク率が業務の 40%になると平均で約 10%のトラヒック増、ピーク時間帯では 33%の上昇となる。すべての業務のテレワーク化は現実的ではないものの、テレワークによるトラヒック変化は最大でこの程度になると考えられる。

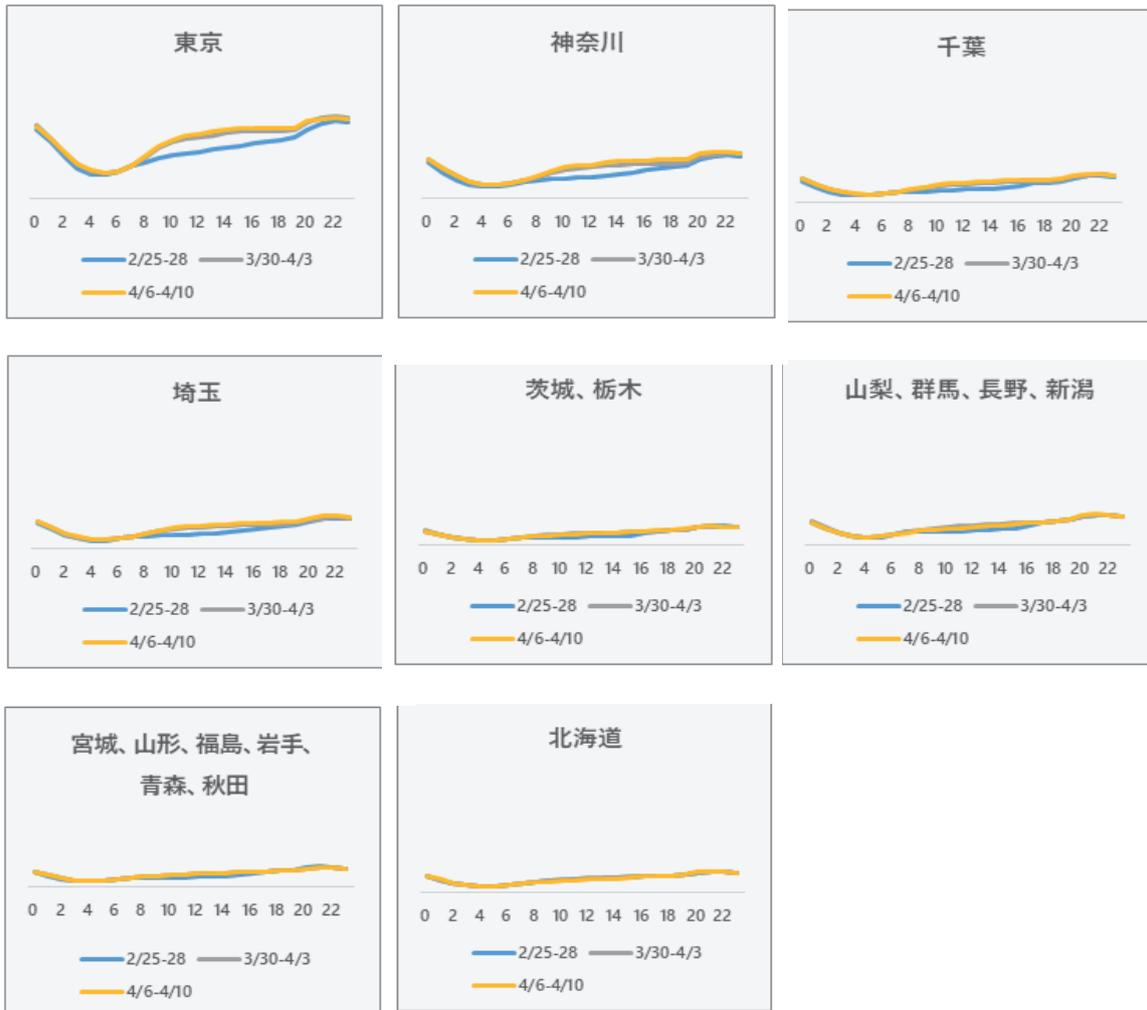


図 21 NTT 東日本の地域別トラヒック変化 [24]

表 12 地域別テレワーク業務率とトラヒック増加率のまとめ (2020年4月前半)

|                   | テレワーク<br>業務率 | トラヒック変化率     |         |
|-------------------|--------------|--------------|---------|
|                   |              | Peak (12:00) | 24 時間平均 |
| 東京                | 33.9%        | 135.0%       | 113.1%  |
| 神奈川               | 27.7%        | 150.0%       | 114.6%  |
| 千葉                | 24.7%        | 142.9%       | 110.7%  |
| 埼玉                | 22.3%        | 150.0%       | 112.5%  |
| 茨城・栃木             | 7.7%         | 120.0%       | 105.0%  |
| 山梨・群馬・長野・新潟       | 3.0%         | 133.3%       | 108.3%  |
| 宮城・山形・福島・岩手・青森・秋田 | 2.9%         | 119.0%       | 104.8%  |
| 北海道               | 5.3%         | 103.4%       | 100.9%  |
| 大阪・京都             | 14.6%        | 127.8%       | 108.1%  |
| 兵庫・奈良・滋賀・和歌山・北陸   | 10.5%        | 130.4%       | 107.6%  |
| 東海                | 6.3%         | 132.3%       | 109.4%  |
| 中国・四国             | 0.4%         | 120.0%       | 105.0%  |
| 九州・沖縄             | 7.3%         | 134.4%       | 110.0%  |

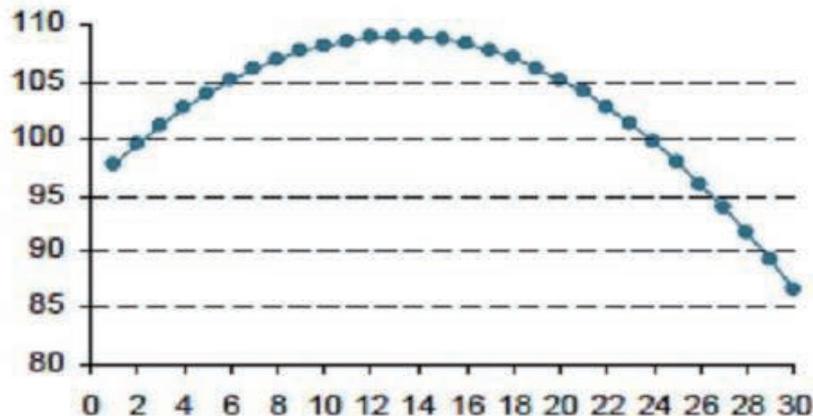


図 22 Danish Technologie Institut ローランドベルガー分析 CAS2009 年報告書より [26]  
 縦軸は「オフィスワークの生産性を 100 とした場合のテレワークの生産性」  
 横軸は「月間テレワーク日数」

### 3.3 テレワークによる通勤時間の削減効果

テレワークの大きな社会的影響に、通勤時間の削減がある。前節のパーソル総研調査は全国 22,477 社に対し、企業ごとのテレワークの実施率や会社からのテレワーク指示率、出勤率等を調査したものである。これを総務省の県別・業種別就業者人口 [27] と合わせることで県別・業種別のテレワーク従事者数を推計可能となる。

これを用いると、平成 22 年国勢調査 [28] が示す県別の通勤手段および東京理科大学による自動車利用の Web アンケート [29] を合わせることで、回避された県別自動車通勤移動を推計できる。

さらに国土交通省による「平成 30 年住宅・土地統計調査 住宅及び世帯に関する基本集計 全国・都道府県・市区町村」[30] の県別平均通勤時間から、回避された通勤時間を推計できるので、さらにその時間価値も推計できる。

まず、県別・業種別就業者人口を  $T(i, j)$ 、テレワーク実施者を  $W(i, j)$  とする。パーソル総研のデータは、県別および日本全体の従業員テレワーク実施率  $P(i)$  と業種別従業員テレワーク実施率  $Q(j)$  を提供している。ここには

$$\sum_j W(i, j) = P(i) \sum_j T(i, j) \quad \sum_i W(i, j) = Q(j) \sum_i T(i, j) \quad (10)$$

の関係がなければならない。そこで、適切な  $W(i, j)$  の初期値をもとに行和の調整、列和の調整を繰り返し収束させる RAS 法を適用することで県別・業種別のテレワーク実施者数を推計した。

これに、[28] の通勤に自動車を利用する割合と、[29] の県別平均自動車通勤距離を乗じることで回避された通勤用自動車移動を推計する。図 23 に県別の通勤特性データを示す。

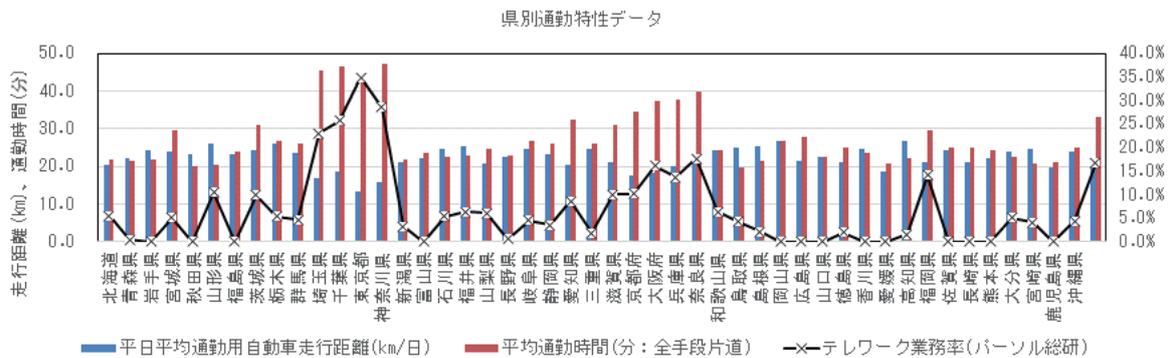


図 23 県別の通勤特性 通勤時間（片道）および通勤距離（片道）およびテレワーク業務率

週に何日在宅勤務を行ったかは、①パーソル総研による出勤率実績値、②テレワーク業務可能な従業員が週 2 日の一律在宅勤務する場合、③会社のテレワーク指示割合で従業員が在宅勤務する場合（ただし在宅勤務は週 2 日とする）の 3 通りで評価する。ここで、テレワーク業務可能な従業員割合は、パーソル総研調査の「会社でのテレワーク推奨・命令率」を用いる。これによる「回避された自動車通勤移動時間」および「回避されたガソリン消費量」については図 24 および図 25 に示す。

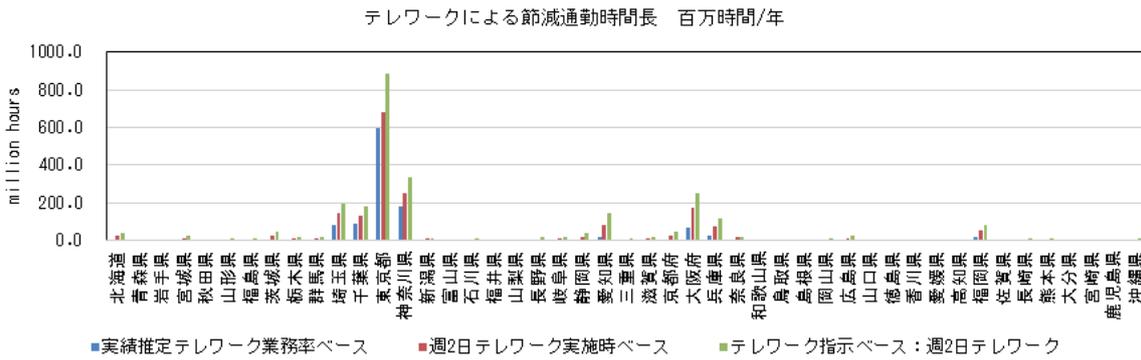


図 24 テレワークによる節減された県別通勤時間長（百万時間 / 年）

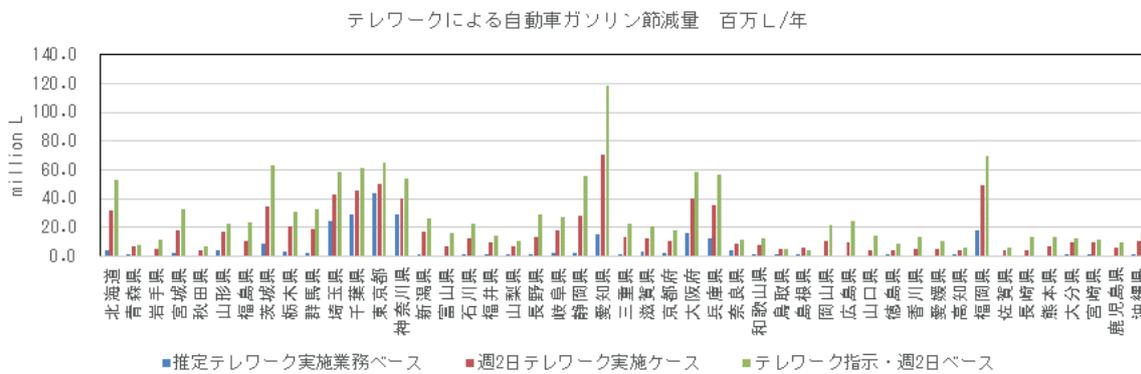


図 25 テレワークによる県別自動車ガソリン節減量（百万 L / 年）

パーソル総研のテレワークと出勤率実績値による「回避された自動車通勤」推計値と節減されたガソリン消費量から CO<sub>2</sub> 排出削減量を求めると、1.23 Mt-CO<sub>2</sub> 削減となる。このとき、テレワーカーは全 6180 万人中 23.7% 1460 万人と推定されている。「テレワーク可能なら週 2 日在宅勤務」とする場合、2.95 Mt-CO<sub>2</sub> の排出削減となる。パーソル総研の「会社からのテレワーク可能な就業者へのテレワーク指示率」に基づき、一律に週 2 日在宅勤務するとした場合、4.33 Mt-CO<sub>2</sub> の排出削減となる。

先行調査とこの数字を比較する。テレワーク学会 [31] がまとめたテレワークの CO<sub>2</sub> 排出削減効果についての既存調査では、

- ① 電気通信審議会の 1998 年試算では、テレワーク人口を 2080 万人と仮定して、年間 1.29 Mt-CO<sub>2</sub> 削減されるとした。
- ② 国土交通省と日本テレワーク協会の 2004 年試算では、2010 年のテレワーカーの数を 1295 万人と予測し、3.21 ～ 4.42 Mt-CO<sub>2</sub> の削減を報告した。
- ③ 総務省（2005 年）は、就業者の 25% が週平均 2 日のテレワークやテレビ会議を行うことによるガソリンや軽油の需要減少で 3.30 Mt-CO<sub>2</sub> の削減を推計した。
- ④ 総務省（2010 年）は、テレワークにより、1990 年と 2020 年の比較で最大 1.03 Mt-CO<sub>2</sub> の削減を試算している。

となっている。今回の試算は、ほぼこれらの先行調査と整合的といえる。

節減された通勤時間の金銭価値への換算を行う。時間の金銭価値については、加藤他 [32] がアンケートに基づき調査を行っている。加藤らは、通勤節減の時間価値は、幅があるものの平均で 25.5 円 / 分 / 人になると推計した。すると、節減された通勤の時間価値は、日本全体では 10680 億円（パーソル総研テレワーク実績）～ 37682 億円（同会社からの指示ベース+週 2 日在宅勤務）となる。

以上の概要を表 13 にまとめる。

表 13 テレワークの通勤時間削減効果の地域総括表

|                | 前提条件            |               |                 |                      |                         | 実績推定テレワーク業務率ベース     |                   |                 | 1068.0             | (10億円)                  |
|----------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-------------------------|
|                | テレワーク参加実績人数(人)  | 通勤自家用車比率(H22) | 自家用車利用テレワーカー(人) | 平日平均通勤用自動車走行距離(km/日) | 平均通勤時間(分:全手段片道)         | テレワーク業務率(パーソル総研)    | 推定実績回避自動車利用(km/年) | 推定実績ガソリン節減量(ML) | 推定実績CO2節減量(kt-CO2) | 潜在回避通勤延べ時間(million h/年) |
| 北海道            | 335,459         | 53.70%        | 180,141         | 20.3                 | 21.8                    | 5.50%               | 52,303,445        | 4.4             | 10.1               | 3.5                     |
| 東北             | 433,894         | 68.10%        | 295,668         | 24.1                 | 24.3                    | 4.20%               | 81,632,071        | 6.8             | 15.8               | 3.8                     |
| 関東             | 8,387,900       | 19.80%        | 1,660,402       | 15.3                 | 43.4                    | 29.80%              | 1,677,563,254     | 139.8           | 324.6              | 950.8                   |
| 北陸             | 314,319         | 73.00%        | 229,385         | 23                   | 22.5                    | 3.90%               | 54,774,941        | 4.6             | 10.6               | 2.4                     |
| 中部             | 1,346,828       | 58.90%        | 792,900         | 21.7                 | 29.3                    | 6.30%               | 258,282,923       | 21.5            | 50                 | 22.5                    |
| 近畿             | 2,456,630       | 27.70%        | 681,062         | 19                   | 36.5                    | 14.50%              | 470,914,662       | 39.2            | 91.1               | 114.1                   |
| 中国             | 276,868         | 60.60%        | 167,695         | 23.8                 | 25.2                    | 0.80%               | 10,062,406        | 0.8             | 1.9                | 0.4                     |
| 四国             | 158,621         | 62.00%        | 98,423          | 22.2                 | 22.6                    | 0.80%               | 4,867,592         | 0.4             | 0.9                | 0.3                     |
| 九州・沖縄          | 934,029         | 55.90%        | 522,373         | 21.9                 | 27                      | 9.30%               | 249,925,909       | 20.8            | 48.4               | 21.9                    |
| 合計             | 14,644,548      | 46.5          | 6,809,715       | 21.5                 | 33.1                    | 16.60%              | 6,343,215,288     | 528.6           | 1227.4             | 698.1                   |
| 週2日テレワーク実施時ベース |                 |               |                 | 2568.2               | (10億円)                  | テレワーク指示ベース:週2日テレワーク |                   |                 | 3768.2             | (10億円)                  |
|                | 潜在回避自動車利用(km/年) | ガソリン節減量(ML)   | CO2節減量(kt-CO2)  | 平均通勤時間(分:全手段片道)      | 潜在回避通勤延べ時間(million h/年) | テレワーク参加指示人数         | 潜在回避自動車利用(km/年)   | ガソリン節減量(ML)     | CO2節減量(kt-CO2)     | 潜在回避通勤延べ時間(million h/年) |
| 北海道            | 380,388,693     | 32            | 73.6            | 21.8                 | 25.3                    | 557,447             | 632,109,399       | 52.7            | 122.3              | 42.1                    |
| 東北             | 742,305,857     | 62            | 143.6           | 136.9                | 36.5                    | 748,675             | 1,264,695,771     | 105.4           | 244.7              | 64                      |
| 関東             | 3,047,112,455   | 254           | 589.6           | 265.6                | 1,261.50                | 11,218,448          | 4,382,885,134     | 365.2           | 848.1              | 1,678.80                |
| 北陸             | 547,778,042     | 46            | 106             | 90.9                 | 24.5                    | 541,631             | 946,912,430       | 78.9            | 183.2              | 42.4                    |
| 中部             | 1,801,728,112   | 150           | 348.6           | 158.5                | 136.8                   | 2,347,176           | 3,160,023,414     | 263.3           | 611.5              | 237.1                   |
| 近畿             | 1,380,282,507   | 115           | 267.1           | 204.3                | 311.1                   | 3,747,480           | 2,136,327,388     | 178             | 413.4              | 473.2                   |
| 中国             | 420,861,074     | 35            | 81.4            | 117.9                | 24.2                    | 583,008             | 838,904,169       | 69.9            | 162.3              | 52.1                    |
| 四国             | 228,464,426     | 19            | 44.2            | 91.3                 | 12.4                    | 318,777             | 455,105,730       | 37.9            | 88.1               | 25                      |
| 九州・沖縄          | 1,197,898,351   | 100           | 231.8           | 193                  | 87.5                    | 1,424,749           | 1,823,593,920     | 152             | 352.9              | 132.7                   |
| 合計             | 15,252,574,515  | 1,271         | 2,951           | 33                   | 1,679                   | 21,487,391          | 22,379,525,800    | 1865.0          | 4330.4             | 2462.9                  |

#### 4. 結論

ICT の拡大は、コンテンツ需要の拡大だけでなく、働き方や企業マネジメントの変革を通じ、生産性上昇や産業構造の変化、さらに移動エネルギー需要の削減による CO<sub>2</sub> 排出削減効果をもたらす可能性があると同時に、ICT それ自体が電力需要の大幅な増大をもたらす側面もある。しかし、これまでこれらの効果についての定量的な評価は困難であった。本提案書では、省庁をはじめとする各機関の調査をもとに、ICT の影響をできるだけ定量的に評価・予測する試みを行った。本分析の結論は以下のようにまとめられる。

1. 情報通信のトラヒックはこれまで急激に拡大してきた。これをコンテンツ需要と比較すると、動画配信需要の拡大が大きな要因である。この趨勢が今後も続くとすると、2030 年まで年率 20%以上の成長が継続すると思われる。これは、高画質動画の配信の拡大とともにさらに上昇する可能性がある。ただし、日本では人口減少の影響のため、これまでになかった新たな大容量の通信需要が発生しない限り、2030 年以降次第に飽和に向かう。
2. クラウドコンピューティング/SaaS、IoT/AI、テレワークなどの企業活動への ICT 導入は、これまで大企業を中心に業種によらず約 20%程度の生産性改善に寄与してきたが、中小企業

では導入が進んでも生産性改善の効果は明らかではない。このことは、情報化投資による生産性の大手企業と中小企業間の格差がむしろ拡大した可能性を示唆する。どのように ICT の効果を中小規模の企業に波及させるかが大きな政策課題である。

3. 2020年3月の Covid-19 によるテレワークの導入拡大は、通信トラヒックに有意な影響を与えた。分析では、平日の平均トラヒックに対し弾性値 0.28、ピークトラヒックに弾性値 0.82 を与えた。テレワークが生産性にプラスの影響を与えるか否かは、企業のマネジメントの業態によるところが大きく、現時点では多くの調査が「チームワークが取れない」などの理由で負の影響を指摘すると同時に、「今後も続けてほしい」との希望も約半数近く存在する。
4. 2020年4月のテレワークの自動車通勤の削減による効果は、今回は 1.23 Mt-CO<sub>2</sub> の削減であるが、全国的に普及すれば 3 Mt-CO<sub>2</sub>、潜在的には 4.3 Mt-CO<sub>2</sub> の削減をもつ。ただしこれは自動車の移動距離の削減によるものなので、通勤移動を他の移動に振り替えたり、ガソリン車から EV への移行が実現した場合はこれらの削減効果は消失する。
5. テレワークによる通勤削減の金銭価値は、今回は 1 兆円、潜在的には 3.8 兆円に達すると推計された。

## 5. 政策提案

ICT の普及は日本としても急がれる課題である。本提案書がまず示したよう、情報通信需要は 2030 年付近までは年率 20% を超える過去の増加が予想され、これは通信インフラだけでなく電力需要にも影響する。

他方、社会・経済面における ICT の影響を見ると、今回の Covid-19 の緊急事態においては、ICT の導入拡大により生産性の向上が果たせる場とそうでない場の格差が拡大したことが指摘できる。例えば、大学ではほぼ 90% で遠隔授業が実施されたが、小中高では ICT 機器の普及状況の差から導入を進められなかった。本調査でも、大手企業と中小企業での生産性向上に明らかな差が生じたことが総務省調査などから浮かび上がった。ICT 導入の効果自体にも、業態の差やマネジメント体制の差が濃淡を生んでいる。このような点から、国として、ICT の導入が進まない場にどのように導入のインセンティブを与えるかが課題となる。Industry4.0 に見られるよう資源調達、生産現場から販売管理などへの一貫した体制を、海外大手企業のデファクトスタンダードに依存せず、逆に海外にシステムの販路を見出せるよう、いかに作り上げていくかが重要な政策課題と考えられる。

同時に、2020 年の Covid-19 の緊急事態は、過去の趨勢としての情報通信需要の拡大だけでなく、ICT の活用によるテレワークの導入も情報トラヒックに大きな増加影響を与えたことが示された。テレワークによる「働き方の変化」は通勤時間の短縮による CO<sub>2</sub> 排出削減と、大きな便益を生んだことが本調査から示唆されているため、「明るく豊かな低炭素社会」の実現への寄与が期待できる。このような ICT 導入による社会変化の趨勢は今後も継続されると考えられることから、インフラとしての情報ネットワークの整備と、これに合わせた電力需要の拡大にも対応が必要ながことが明らかである。

以上から、本提案書では、情報需要の急激な拡大と社会の変化を念頭に置いた情報と電力インフラの整備の緊急性を提案する。

## 参考文献

- [1] IPCC, Special Report Global Warming of 1.5°C , <https://www.ipcc.ch/sr15/>, (retrieved 28/11/2020).
- [2] “令和2年10月26日 第二十三回国会における菅内閣総理大臣所信表明演説”, [https://www.kantei.go.jp/jp/99\\_suga/statement/2020/1026shoshinhyomei.html](https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/statement/2020/1026shoshinhyomei.html), (アクセス日 2020年11月26日).
- [3] “革新的環境イノベーション戦略”, 令和2年1月21日 統合イノベーション戦略推進会議, 内閣府, <https://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihui048/siryo6-2.pdf>, (アクセス日 2020年11月26日).
- [4] 経済産業省, 次世代エネルギー・社会システム協議会資料等, <https://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633>, (アクセス日 2019年10月28日).
- [5] 一般社団法人新エネルギー導入促進協議会, <http://www.nepc.or.jp/>, (アクセス日 2019年10月28日).
- [6] 総務省, “通信利用動向調査(企業編)”, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05a.html>, (アクセス日 2020年11月26日).
- [7] Mark P. Mills, “The Internet Begins with Coal: A Preliminary Exploration of the Impact of the Internet on Electricity Consumption : a Green Policy Paper for the Greening Earth Society”, Greening Earth Society, 1999.
- [8] Koomey, Jonathan, Kaoru Kawamoto, Bruce Nordman, Mary Ann Piette, and Richard E. Brown. 1999. Initial comments on ‘The Internet Begins with Coal’. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory. LBNL-44698. December 9.
- [9] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書, “情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.1) —IT 機器の消費電力の現状と将来予測—”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2019年3月.
- [10] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書, “情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.2) —データセンターの消費電力の現状と将来予測および消費電力低減の課題と対策—”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2021年2月.
- [11] 総務省, “我が国のインターネットにおけるトラヒックの集計・試算”, [https://www.soumu.go.jp/joho\\_tsusin/eidsystem/market01\\_05\\_03.html](https://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/eidsystem/market01_05_03.html), 集計値は <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/data/gt010108.xls>, (アクセス日 2020年11月26日).
- [12] 総務省, “我が国の移動通信トラヒックの現状”, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/tsuushin06.html>, (アクセス日 2020年11月26日).
- [13] 総務省情報通信政策研究所, “メディア・ソフトの制作及び流通の実態に関する調査研究”, [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000630317.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000630317.pdf), (アクセス日 2020年11月26日).
- [14] IEA, “Digitalization & Energy”, 2017, <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>, (アクセス日 2020年7月31日).
- [15] Cisco Annual Internet Report (2018~2030年), cisco public ホワイトペーパー, [https://www.cisco.com/c/ja\\_jp/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.pdf](https://www.cisco.com/c/ja_jp/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.pdf), (アクセス日 2020年7月31日).
- [16] 国立社会保障・人口問題研究所, “日本の将来推計人口”, [http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/jzenkoku2017/pp29\\_Report3.pdf](http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/jzenkoku2017/pp29_Report3.pdf), (アクセス日 2020年11月20日).
- [17] 矢野経済研究所, “XR (VR/AR/MR) 360° 動画市場に関する調査を実施 (2019年)”, (2020年1月6日発表), プレスリリース No.2319, [https://www.yano.co.jp/press-release/show/press\\_id/2319](https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2319), (アクセス日 2021年2月1日).
- [18] 総務省, “通信利用動向調査(企業編)”, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05a.html>, (アクセス日 2020年7月27日).
- [19] <https://japan.cnet.com/article/35153314/>, (アクセス日 2020年7月20日).

- [20] [https://japan.cnet.com/article/35153273/?tag=cleaf\\_relstory\\_manual](https://japan.cnet.com/article/35153273/?tag=cleaf_relstory_manual), (アクセス日 2020 年 7 月 20 日).
- [21] [https://japan.cnet.com/article/35153268/?tag=cleaf\\_relstory\\_manual](https://japan.cnet.com/article/35153268/?tag=cleaf_relstory_manual), (アクセス日 2020 年 7 月 20 日).
- [22] [https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2020/09/14/documents/10\\_01.pdf](https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2020/09/14/documents/10_01.pdf), (アクセス日 2020 年 12 月 20 日).
- [23] パーソル総研, “新型コロナウイルス対策によるテレワークへの影響に関する緊急調査, 第一回および第二回”, <https://rc.persol-group.co.jp/news/202004170001.html>, (アクセス日 2020 年 6 月 19 日).
- [24] NTT 東日本, “ネットワークのトラヒックについて (バックナンバー)”, [https://www.ntt-east.co.jp/aboutus/traffic/20200414/#area\\_traffic](https://www.ntt-east.co.jp/aboutus/traffic/20200414/#area_traffic), (アクセス日 2020 年 7 月 8 日).
- [25] NTT 西日本, “NTT 西日本 全エリアダウンロードトラフィック”, [https://www.ntt.co.jp/topics/important/pdf/important\\_west.pdf](https://www.ntt.co.jp/topics/important/pdf/important_west.pdf), (アクセス日 2020 年 7 月 8 日).
- [26] 村田弘美, “フランス人が『テレワークは週 2 日まで』という理由”, <https://gendai.ismedia.jp/articles/-/57780>, 2018 年 11 月 1 日, (アクセス日 2020 年 6 月 29 日).
- [27] 総務省統計, “都道府県・市区町村のすがた (社会・人口統計体系)”, <http://www.stat.go.jp/data/ssds/>, (アクセス日 2020 年 7 月 8 日).
- [28] 国勢調査 / 平成 22 年国勢調査 / 従業地・通学地による人口・産業等集計 (人口の男女, 年齢, 就業者の産業 (大分類)) 都道府県結果, [https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200521&tstat=000001039448&cycle=0&tclass1=000001049567&tclass2=000001051128&stat\\_infid=000013171988&tclass3val=0](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200521&tstat=000001039448&cycle=0&tclass1=000001049567&tclass2=000001051128&stat_infid=000013171988&tclass3val=0), (アクセス日 2020 年 7 月 8 日).
- [29] 森 俊介, 井上 将太郎, 笠井 康平, 亀谷 和久, “Web アンケートと生活選好度調査に基づく EV/PIHV の導入効果の分析”, 第 31 回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集 (CD-ROM), 大阪国際会議場 (大阪), 2012 年 6 月 5-6 日.
- [30] 国土交通省, “平成 30 年住宅・土地統計調査 住宅及び世帯に関する基本集計 全国・都道府県・市区町村”, 表 57-1-1, (通勤時間), [https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200522&tstat=000001127155&cycle=0&tclass1=000001129435&tclass2=000001129436&stat\\_infid=000031865778&tclass3val=0](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200522&tstat=000001127155&cycle=0&tclass1=000001129435&tclass2=000001129436&stat_infid=000031865778&tclass3val=0), (アクセス日 2020 年 7 月 8 日).
- [31] テレワーク学会, “テレワークが未来を創る”, インプレス R&D, 2015.
- [32] 加藤 浩徳, 上田 孝行, 加藤 一誠, 谷下 雅義, 毛利 雄一, “道路交通の時間価値に関する研究”, 道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート, No.21-1, H24, <https://www.mlit.go.jp/road/tech/jigo/h21/pdf/report21-1.pdf>, (アクセス日 2020 年 7 月 3 日).

---

---

低炭素社会の実現に向けた  
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく  
イノベーション政策立案のための提案書

**通信トラヒックの推移および Covid-19 緊急事態  
宣言のもとでのテレワークの影響の定量的分析**

令和3年3月

**A Study on the Tele-communication Traffic Trends and the Impacts of  
Teleworking under Covid-19 State of Emergency**

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action  
toward Low Carbon Societies,  
Center for Low Carbon Society Strategy,  
Japan Science and Technology Agency,  
2021.3

国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

---

**本提案書に関するお問い合わせ先**

- 提案内容について・・・低炭素社会戦略センター 研究統括/上席研究員 森 俊介(MORI Shunsuke)
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ4階  
TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273  
<https://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2021 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。  
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。