国際大学GLOCOM

生成AIがもたらす withフェイク2.0時代の民主主義

2024.10.21

山口 真一　博士（経済学）
国際大学GLOCOM准教授
syamaguchi@glocom.ac.jp

国際大学 INTERNATIONAL UNIVERSITY OF JAPAN

© Yamaguchi. 2024 All Rights Reserved.

国際大学グローバル・コミュニケーション・センター　准教授

- シエンプレ株式会社　顧問
- 日本リスクコミュニケーション協会　理事
- 株式会社エコノミクスデザイン　シニアエコノミスト
- 日本経済新聞Think!エキスパート
- 株式会社メルカリ　アドバイザリーボード
- Polimill株式会社　アドバイザー
- クリエイターエコノミー協会　アドバイザー
- 科学技術・学術政策研究所（NISTEP）　専門調査員
- 社会情報学会　評議員
- 早稲田大学ビジネススクール　兼任講師
- 中央大学国際情報学部・文学部　兼任講師
- 東洋英和女学院大学国際社会学部　兼任講師
- 日本テレビ「日本テレビ放送番組審議会」　委員
- NTT東日本「消費者の特性を踏まえたサービスのあり方に関する研究会」　委員
- 日本経済調査協議会「第二次人工知能委員会」　委員
- 民放連研究所「メディア・コンテンツの将来に関する研究会」　委員
- 内閣府「AI戦略会議」　構成員
- 総務省「デジタル空間における情報流通の諸課題への対処に関する検討会」　構成員
- 厚生労働省「年金広報検討会」　構成員
- 公正取引委員会「独占禁止政策協力委員」　委員
- 千葉県「人権施策基本指針改定に係る検討会議」　委員
- 情報通信学会誌編集委員会　委員
- 組織科学編集委員会　委員・シニアエディター
- 社会情報学会研究活動委員会　委員

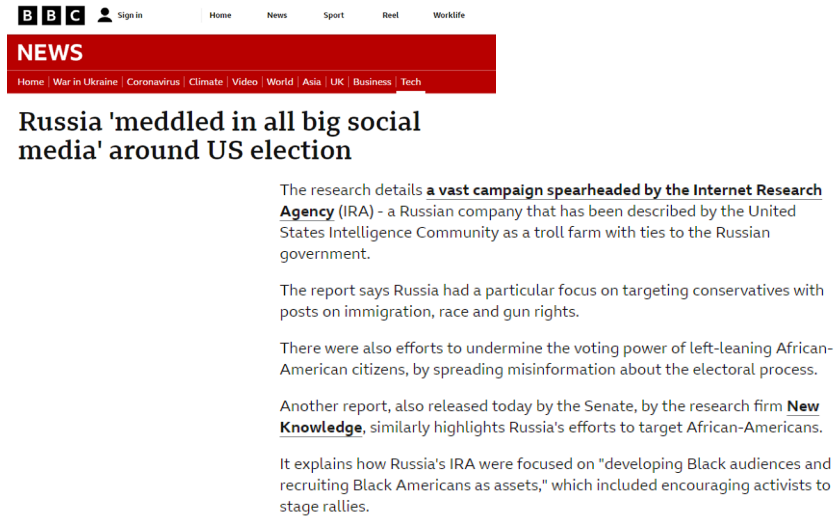
1986年生まれ。博士（経済学・慶應義塾大学）。2020年より現職。専門は計量経済学、ネットメディア論、情報経済論等。NHK等のメディアに多数出演・掲載。KDDI Foundation Award、組織学会高宮賞、情報通信学会論文賞（2回）、電気通信普及財団賞を受賞。主な著作に『ソーシャルメディア解体全書』（勁草書房）、『正義を振りかざす「極端な人」の正体』（光文社）等がある。

偽・誤情報問題と社会

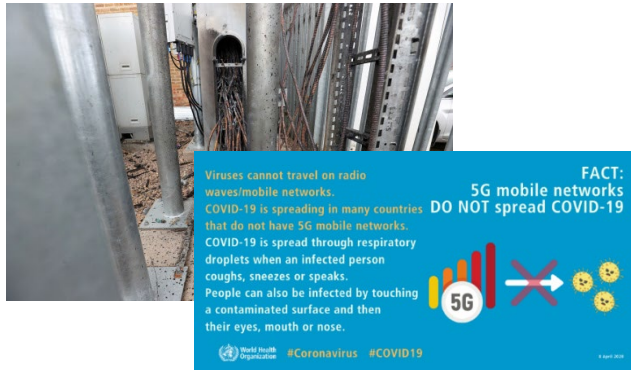
1

偽・誤情報問題の拡大

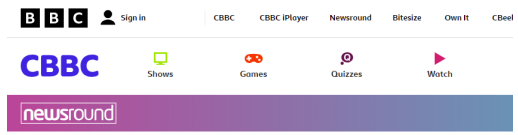
- 2016年は「偽・誤情報元年」といわれる。2016年の米国大統領選挙では多くの偽・誤情報が拡散され、選挙前3か月間で、トランプ氏に有利な偽・誤情報は3,000万回、クリントン氏に有利な偽・誤情報は760万回シェアされた。世論操作と外国の介入が問題に。その後も仏大統領選挙などで偽・誤情報が拡散。
- 2020年以降は新型コロナウイルスやコロナワクチン関連の偽・誤情報が広く拡散され、WHOが"Infodemic"と警鐘を鳴らした。
- 教育コンテンツなどの体を取った偽情報が青少年に及ぼす影響も懸念されている。



2016年米国大統領選挙におけるロシアの介入
https://www.bbc.com/news/technology-46590890



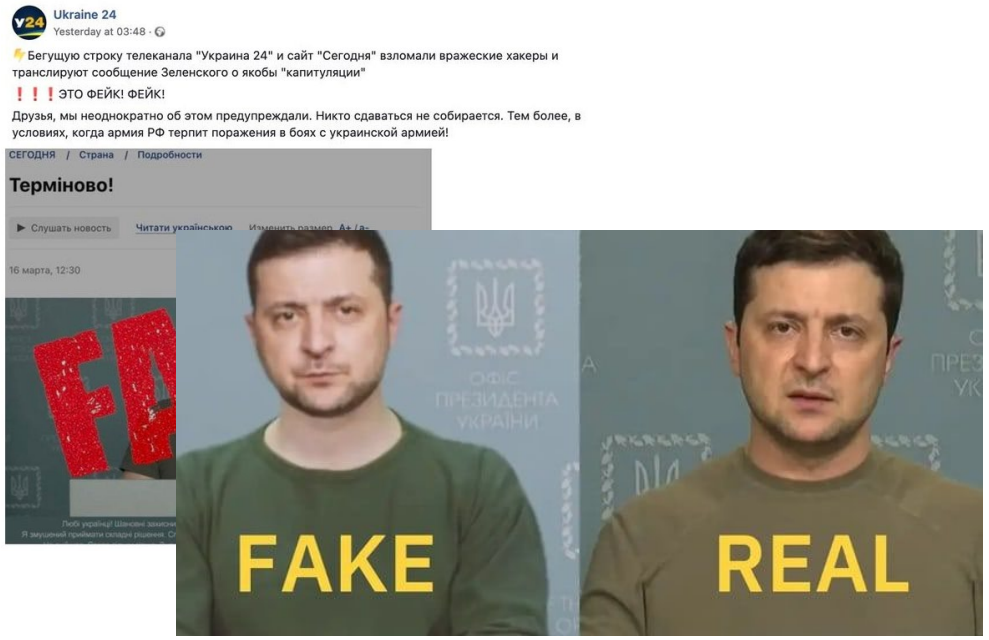
「5G電波がコロナウイルスをまき散らしている」という偽・誤情報を信じて、基地局を破壊する活動まで行われた
https://www.nikkei.com/article/DGXMZO58443970U0A420C2XR1000/
https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/myth-busters



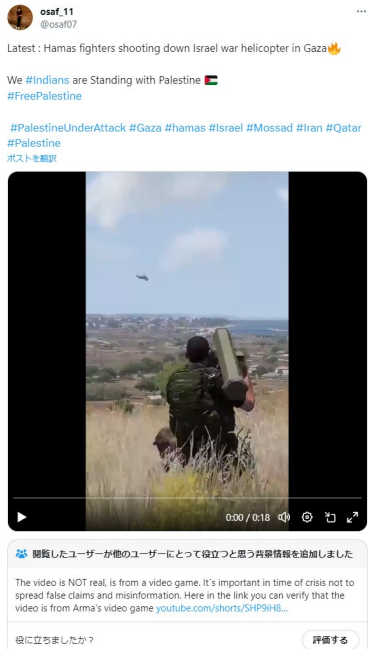
虚偽の科学情報を含む動画を作成するYouTubeチェンネルが「教育コンテンツ」として子供に推奨されていることを指摘
https://www.bbc.co.uk/newsround/66796495

戦争・紛争は偽情報戦に

- ロシアのウクライナ侵攻、イスラエル・ハマスの衝突等の戦争・紛争において、様々な偽・誤情報の拡散が確認されている。
- 技術革新が情報環境にも影響を与える。AIによる偽動画が拡散しているだけだけでなく、ファクトチェック側も技術を駆使して事実検証に乗り出している。



ゼレンスキー大統領が降伏を呼び掛ける偽動画が拡散
https://www.bitdefender.com/blog/hotforsecurity/deepfake-president-zelensky-calls-on-ukraine-to-surrender-as-tv-station-hacked/



ゲーム映像を使った偽情報
https://www.nikkei.com/telling/DGXZTS00007680R31C23A0000000/

人工衛星写真を使ったファクトチェック（ブチャでの虐殺）
https://www.bbc.com/news/60981238

日本における偽・誤情報問題

- 日本でも、災害時のデマ投稿、新型コロナウイルス関連、政治的なものなど、多くの偽・誤情報が拡散している。
- 国内外からの世論操作に偽・誤情報が使用されているとの指摘もある。

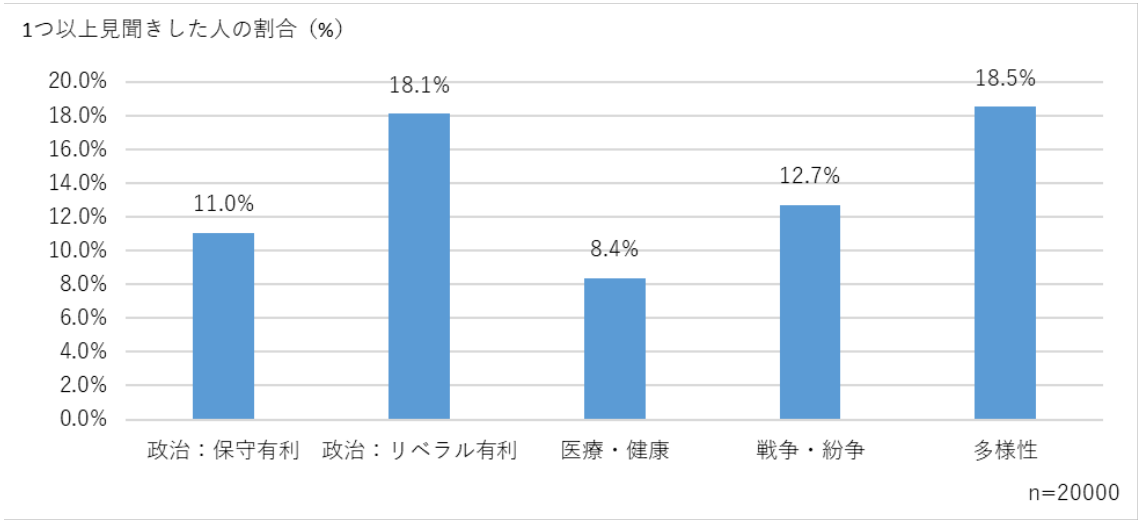
能登半島沖地震では大量の偽・誤情報が投稿された
https://www.factcheckcenter.jp/fact-check/disasters/calling-for-donations-for-noto-peninsula-earthquake-in-cryptocurrency-site-misinformation-be-cautious-on-fake-sites-spread-on-line-and-sns-fact-check/

安倍元首相が被災地を訪れた際の写真が、スタジオで撮影されたかのように捏造された画像が拡散された。台湾でもFacebookやLINEで拡散され、台湾でもファクトチェックがされている
https://infact.press/2020/03/post-5303/

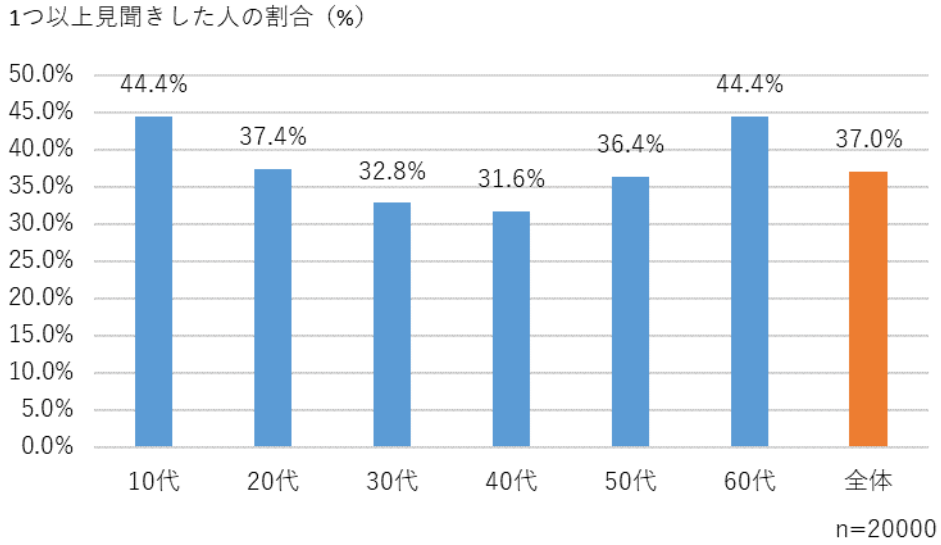
オーストラリアの戦略政策研究所のレポートでは、日本の福島第一原発事故に絡み、中国寄りのSNSアカウントが情報工作を続けていることを指摘している
https://www.aspistrategist.org.au/japan-targeted-by-chinese-propaganda-and-covert-online-campaign/

偽・誤情報接触者

- Google Japanと実施しているInnovation Nipponプロジェクトで偽・誤情報の実証研究を行っている。国内で2022年～2023年にかけて実際に拡散した偽・誤情報15件を使い、人々の真偽判断や拡散行動等について分析した。
- 多様性（18.5%）、政治：リベラル有利（18.1%）で1つ以上見聞きした割合が特に高い。
- 年代別には、10代や20代と、50代や60代の見聞きしている割合が高いU字型となっている。



偽・誤情報を1つ以上見聞きした人の割合（分野別）*



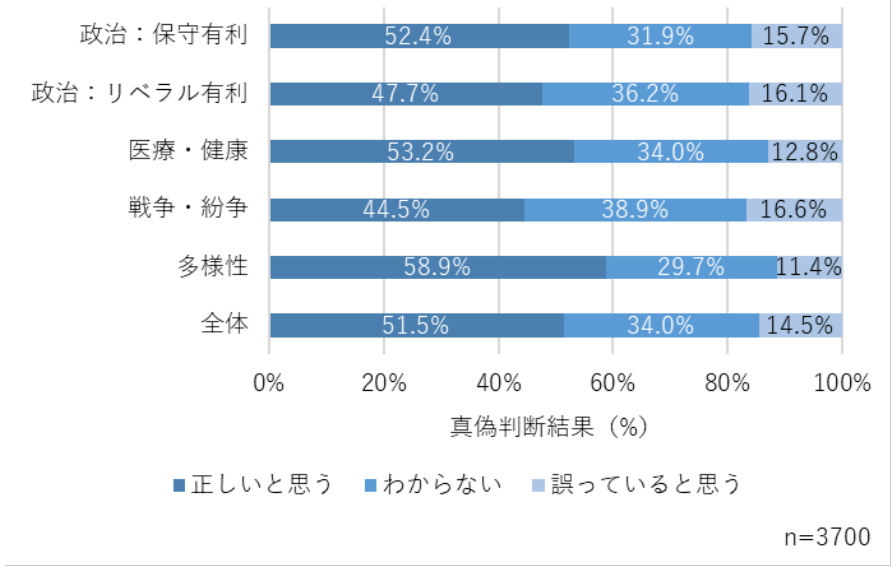
偽・誤情報を1つ以上見聞きした人の割合（年代別）

* 各情報に対する回答について、分野ごとに情報を見聞きした人の数に応じた加重平均値を算出している。以下、このようなグラフ全てにおいて、適切な分母に応じた加重平均で算出している。

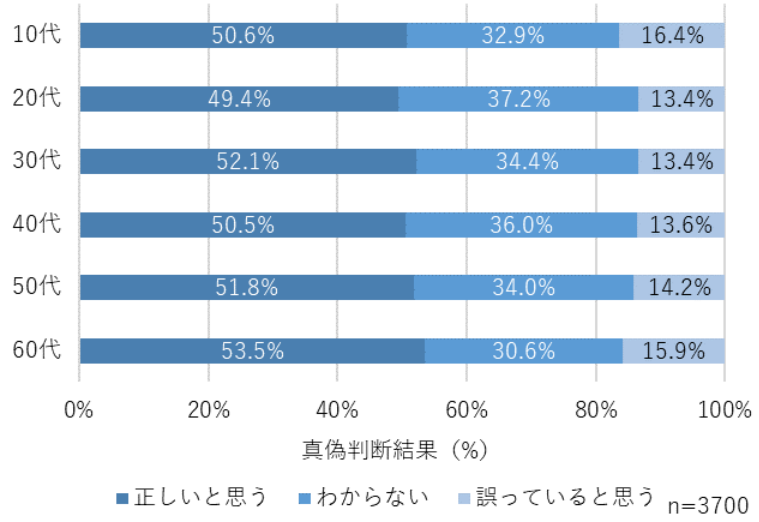
山口真一ほか（2024）「Innovation Nippon 2024　偽・誤情報、ファクトチェック、教育啓発に関する調査研究」、 https://www.glocom.ac.jp/activities/project/9439

偽・誤情報の真偽判断結果

- 各偽・誤情報の真偽判断結果について加重平均値を取ると、全体で「正しい情報だと思う」と回答した人の割合は51.5%と、大半の人が偽・誤情報を信じている。一方で、「誤っていると思う」と回答されている割合は14.5%であり、偽・誤情報だと気づいている割合は低い。
- 分野別に見ても全体の傾向と大きな違いはなく、「正しい情報だと思う」と回答した人の割合は4〜6割となっている。
- 年代別に見ても、真偽判断に違いや傾向はあまりなく、どの年代にもかかわる問題といえる。



偽・誤情報の真偽判断結果（分野別）

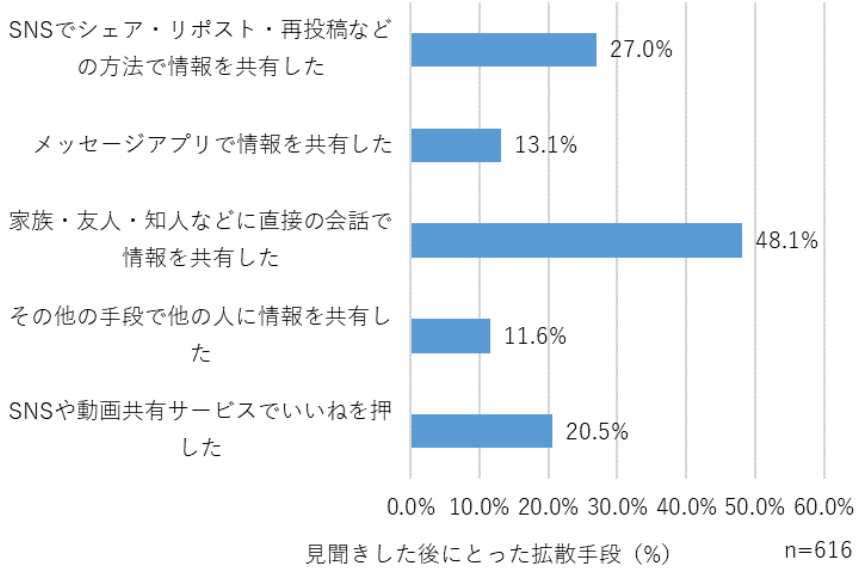


偽・誤情報の真偽判断結果（年代別）

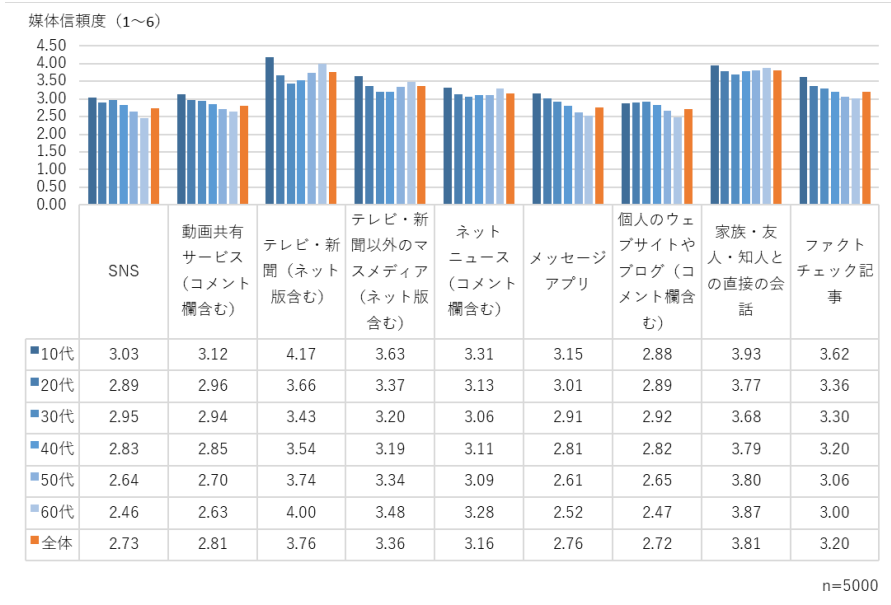
山口真一ほか（2024）「Innovation Nippon 2024　偽・誤情報、ファクトチェック、教育啓発に関する調査研究」、 https://www.glocom.ac.jp/activities/project/9439

偽・誤情報を見聞きした後で拡散する行動

- 偽・誤情報を見聞きした後で、何らかの手段を用いて他の人に情報を伝えた（拡散した）人の割合は17.3%。その中のほぼ半数（48.1%）が家族・友人・知人との直接の会話で情報を拡散していた。
- 情報・ニュースを見聞きする媒体として最も信頼されているのは、「家族・友人・知人との直接の会話」だった。SNSやネットニュースコメント欄でで聞いた情報を家族に話し、それがまたSNSに投稿され……といった共振も考えられる。口伝とインターネットを合わせた情報空間全体の問題として考える必要がある。



偽・誤情報の拡散手段



	SNS	動画共有サービス（コメント欄含む）	テレビ・新聞（ネット版含む）	テレビ・新聞以外のマスメディア（ネット版含む）	ネットニュース（コメント欄含む）	メッセージアプリ	個人のウェブサイトやブログ（コメント欄含む）	家族・友人・知人との直接の会話	ファクトチェック記事
10代	3.03	3.12	4.17	3.63	3.31	3.15	2.88	3.93	3.62
20代	2.89	2.96	3.66	3.37	3.13	3.01	2.89	3.77	3.36
30代	2.95	2.94	3.43	3.20	3.06	2.91	2.92	3.68	3.30
40代	2.83	2.85	3.54	3.19	3.11	2.81	2.82	3.79	3.20
50代	2.64	2.70	3.74	3.34	3.09	2.61	2.65	3.80	3.06
60代	2.46	2.63	4.00	3.48	3.28	2.52	2.47	3.87	3.00
全体	2.73	2.81	3.76	3.36	3.16	2.76	2.72	3.81	3.20

n=5000

媒体信頼度（家族・友人・知人との直接の会話が最も信頼される）

山口真一ほか（2024）「Innovation Nippon 2024　偽・誤情報、ファクトチェック、教育啓発に関する調査研究」、 https://www.glocom.ac.jp/activities/project/9439

偽・誤情報は選挙結果を左右する可能性がある

- 2つの実際の政治関連の偽・誤情報を使って実証実験をした結果、偽・誤情報を見て支持を下げる人は少なくなかった。
- 特に弱い支持をしていた人ほど偽・誤情報によって支持を下げやすい傾向が見られた。弱い支持の人というのは人数でいうと多い人たちであり、偽・誤情報は選挙結果・民主主義に影響を与えうる。

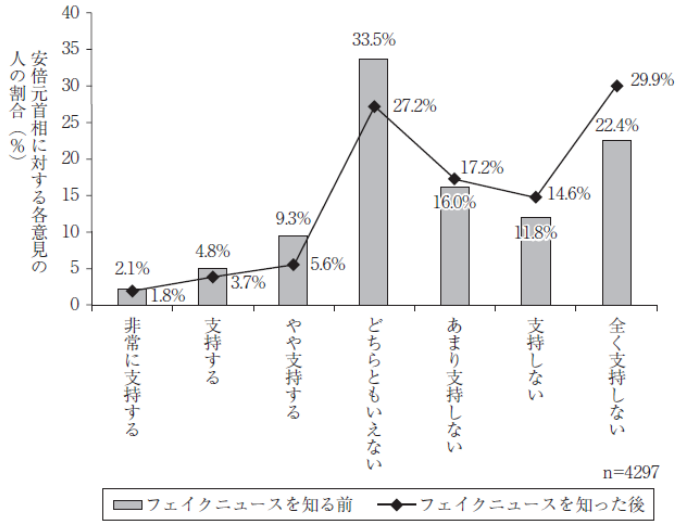


図 3.12　フェイクニュースを知る前後の安倍元首相への支持の分布

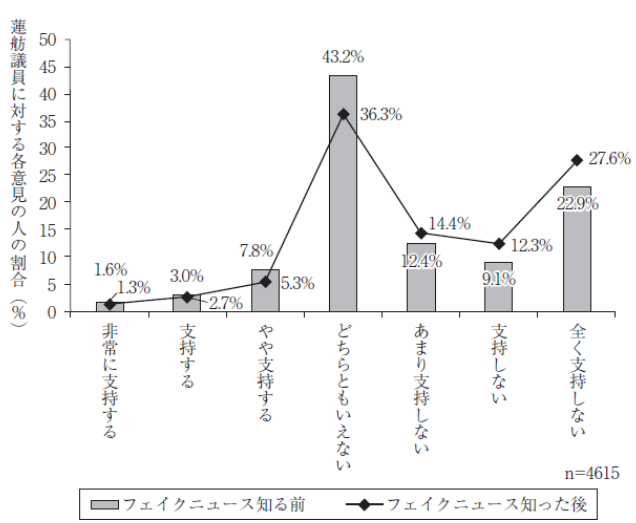


図 3.13　フェイクニュースを知る前後の蓮舫議員への支持の分布

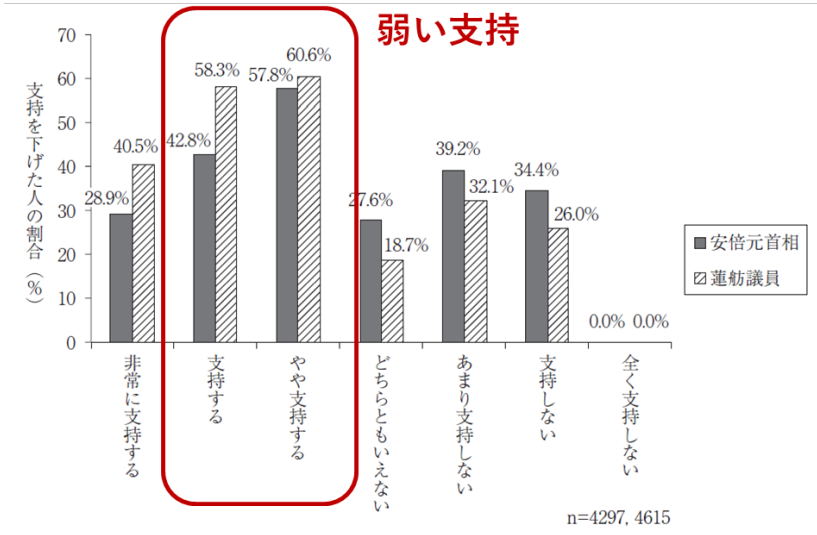


図 3.14　フェイクニュースによって支持を下げた人の割合（最初の支持別）

山口真一（2022）『ソーシャルメディア解体全書』、勁草書房

生成AIがもたらす
withフェイク2.0時代

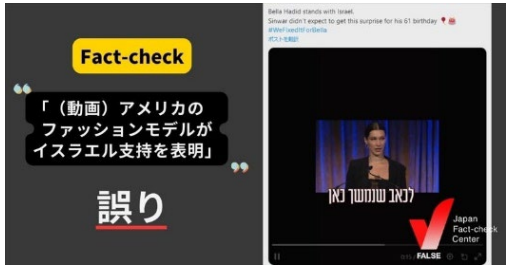
2

ディープフェイクの大衆化が起こった

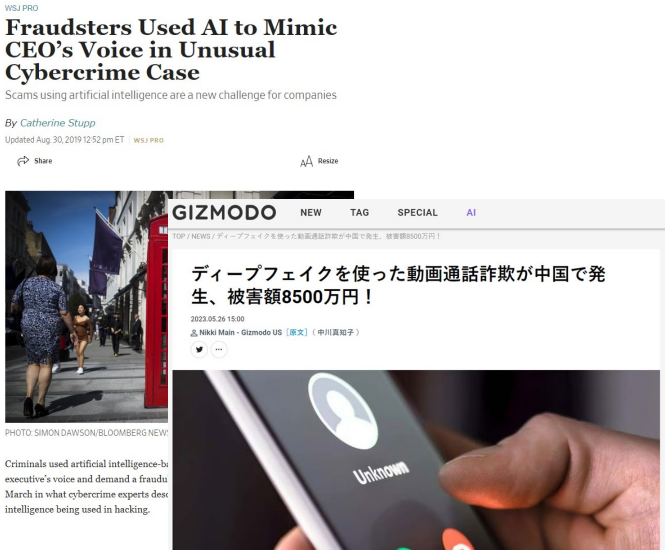
- 生成AIの活用は、経産省が経営者や従業員が身につけるべき知識や技術としている「デジタルスキル標準」に入った。
- しかし、AI技術の発展により、誰もがディープフェイクを使えるディープフェイクの大衆化が起こった。これにより、偽・誤情報が爆発的に増加することが予想され、withフェイク2.0時代に。
- 既に災害・戦争などの有事に社会を混乱させる投稿、明確に政治的意図をもって流された情報、詐欺行為など、様々なものに利用されている。

静岡県の水害時に拡散したデマ投稿（2022年）
https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2209/26/news180.html

ニュース番組風の岸田首相の偽動画が拡散
https://www.japantimes.co.jp/news/2023/11/10/japan/kishida-ai-fake-video/
https://japannews.yomiuri.co.jp/politics/politics-government/20231104-147695/



ファッションモデルがイスラエル支持を表明する偽動画が拡散
3000万回以上表示
https://factcheckcenter.jp/n/n534976cb4d4e



偽音声が詐欺に使われることも頻発。企業を対象としたものも
https://www.gizmodo.jp/2023/05/beware-of-fraud-using-ai.html

生成AIと偽情報と選挙

- 米国大統領選挙など、様々な選挙でディープフェイクが確認されている。
- 将来、AIによって生成されたコンテンツがインターネット上の全情報の99％を占める可能性が指摘されている。
- 2022年6月～2023年5月、少なくとも16カ国で、生成AIが政治や社会問題に関する情報を歪曲するために使用された可能性が高いとされる。民主主義国家では、人口の10％の意見を変えれば望む効果が得られる。

動画では「被害者」だと主張する女性が次のように語っていた。

「自分をひき逃げした人物がカマラ・ハリス氏だとあとになって知らされた。母を怖がらせたくなかったが、数か月前に母が亡くなり、このことを公表しようと思った」

偽のインタビュー動画はSNSなどを通じて拡散され、情報大手マイクロソフトの分析によると、この動画は合わせて**数百万回**視聴されたという。

生成AIによる偽動画
https://www3.nhk.or.jp/news/html/20241005/k10014600891000.html

バングラデシュの国政選挙投票日前夜、無所属候補のアブドゥラ・ナヒド・ニガール氏とビウティ・ベガム氏が選挙からの撤退を表明する偽動画が投稿
https://www.boomlive.in/decode/deepfake-elections-disinformation-bangladesh-india-us-uk-indonesia-24087

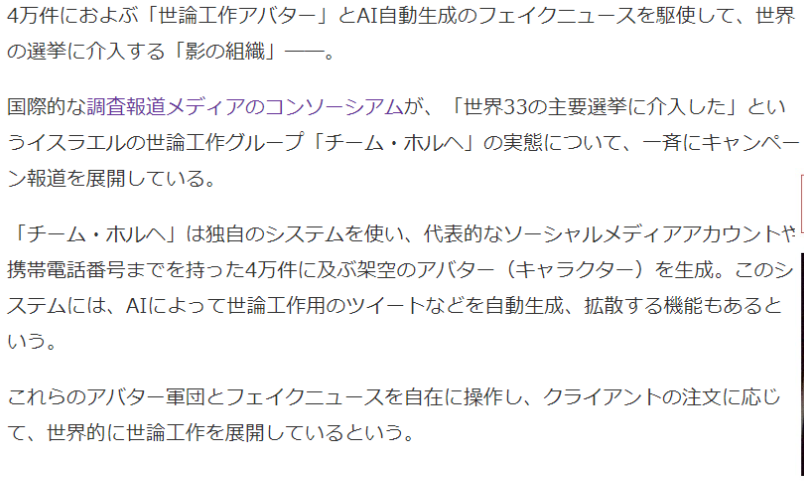
AI 'supercharges' online disinformation and censorship, report warns

Demonstrators hold signs during a protest against COVID-19 measures Munich in 2022. | REUTERS

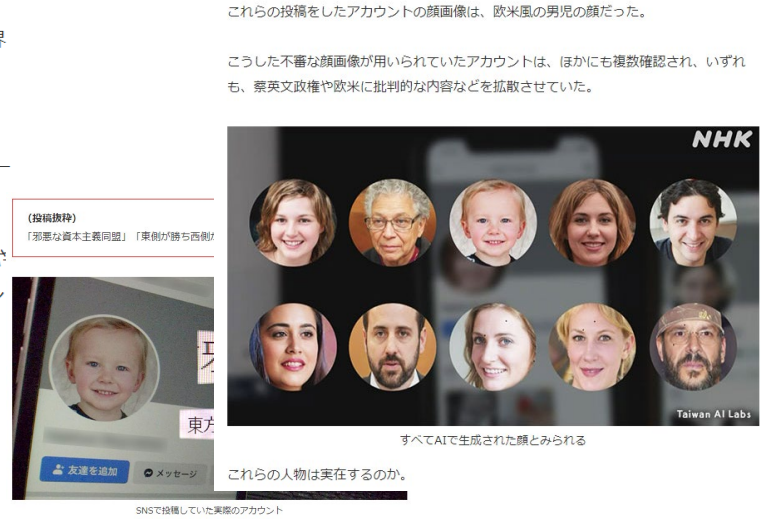
https://www.japantimes.co.jp/news/2023/10/04/world/society/ai-online-disinformation-censorship/

世論工作の大衆化

- 誰もが安価に世論工作をしたり、社会を混乱させたりする力を手に入れた。
- 世論工作はビジネスにもなっている。例えば、ある組織が4万件におよぶアバターを作成し、AIでSNSへの投稿を自動作成して世論工作をするビジネスをしていた。既にいくつかの国の選挙で行われており、日本語によるものまであるという。
- SNSや動画共有サービスと生成AIを組み合わせることで、国際世論の工作・誘導が容易になった。



AIを駆使して世論工作をビジネスにしていると指摘
https://news.yahoo.co.jp/byline/kazuhirotaira/20230220-00337981



AIで生み出された顔写真を使ったアカウントで偽情報を拡散
https://www3.nhk.or.jp/news/html/20230824/k10014170241000.html

イスラエルとハマスの衝突 100万回以上見られた偽動画など33に
イスラエル・ハマスの衝突でも多くの偽画像・偽映像が拡散
https://www.nhk.or.jp/minplus/0016/topic035.html

社会として偽・誤情報問題にどう対処するか

3

政府として何ができるか①：法律の功罪

- 調査では、多くの人が偽・誤情報への法規制を望んでいることが分かっている。しかし、偽・誤情報に対する安易な法規制は、表現の自由にネガティブな影響を与える。
- 既に海外では偽・誤情報規制の法律が政府によって言論統制等に使われている。
- また、最初は限定的な運用でポジティブな効果を生み出していても、やがて拡大解釈されてネガティブな効果を生み出すという、slippery slopeの問題がある。誹謗中傷や偽・誤情報といった線引きの難しいものでは特に起こりやすい。
- 最小限の規制で、ネガティブポイントを抑えて社会的厚生を最大にすることが重要。

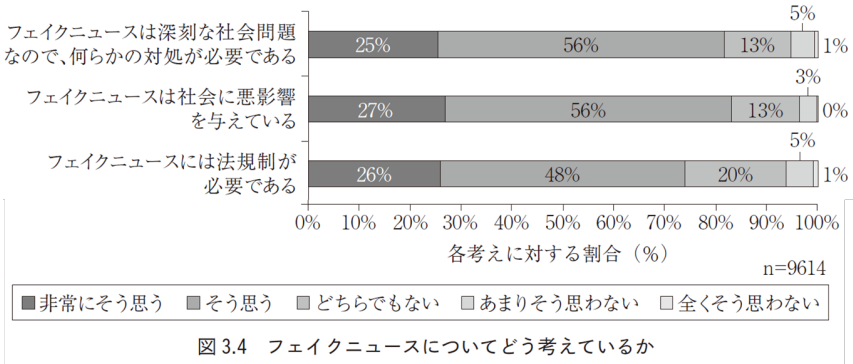


図 3.4　フェイクニュースについてどう考えているか

フェイクニュースに法規制が必要と考える人は74%存在しているが、表現の自由の観点から法規制には慎重な必要がある
山口真一（2022）『ソーシャルメディア解体全書』、勁草書房

ロシア、フェイクニュースと見なせば禁錮刑に　欧米メディア取材停止

ウクライナ情勢

国末憲人 =ロンドン、松尾一郎　2022年3月5日 20時26分

list

ロシアの プーチン大統領 は4日、ロシア軍の活動に関する報道や情報発信のうち、ロシア当局が「 フェイクニュース 」（偽情報）と見なした場合に、記者らに対して最大15年の禁錮刑を科せる法案に署名した。刑法に新たな規定を加えて改正する形がとられている。強力な情報統制が敷かれるなか、欧米主要メディアも相次いでロシア国内での取材活動の一時停止などを表明した。

ロシア下院＝2月22日、ロイター

Egypt: World Bank Funds Health but Neglects Jailed Doctors

Crackdown on Health Workers, Independent Union Tests Bank's Anti-Reprisal Policy

MORE READING

July 20, 2020 | Report
Egypt: Apparent Co in Prisons

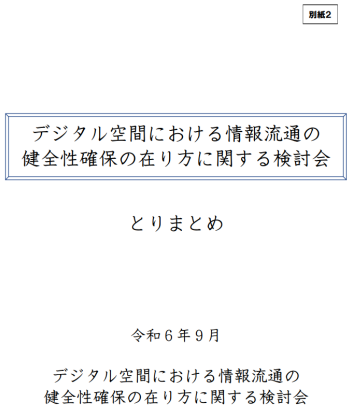
May 7, 2020 | News Rele
Egypt: Covid-19 Co Repressive Powers

The authorities arrested at least nine medical professionals between late March and late June for criticizing the government's Covid-19 response, particularly insufficient protection equipment and testing for health care workers. They face charges such as "spreading false news," in violation of Egypt's obligations under international human rights law protecting free speech, and other charges under abusive penal code and terrorism laws such as "joining an unlawful organization" and "misusing social media."

偽・誤情報を規制する名目で言論統制や政敵の逮捕を行っている例は、既に海外に存在する
https://www.nikkei.com/article/DGXMZO50821000Z01C19A0000000/
https://www.hrw.org/news/2020/12/08/egypt-world-bank-funds-health-neglects-jailed-doctors

政府として何ができるか②：5つのポイント

1. ステークホルダー間連携、国際協力の促進。
2. 現行法で対処できる問題に対する厳格かつ迅速な対処。
3. プラットフォーム事業者に透明性確保を求めていくと同時に、適切なコミュニケーションと連携で対策を推進。
4. 民間による対策の支援。
5. 最新の技術動向や情報空間の動向を踏まえた有効施策の随時検討。
6. メディアり情報リテラシー教育・AIリテラシー教育の推進


別紙2

デジタル空間における情報流通の
健全性確保の在り方に関する検討会

とりまとめ

令和６年９月

デジタル空間における情報流通の
健全性確保の在り方に関する検討会

委員を務める総務省「デジタル空間における情報流通の健全性確保の在り方に関する検討会」で公表されたとりまとめ　方向性はここで書いてある5つの内容に近い
https://www.soumu.go.jp/main_content/000966997.pdf

技術による対抗

- 人のリテラシーで対応できる範囲を超えるため、AI作成か判断する技術やオリジネーター・プロファイルなど、技術的対抗が求められる。
- 民間での研究開発の活性化を促すと同時に、研究支援を通して研究機関・大学での一体的な開発を促進する。重要なのは技術が大衆化され、誰もが容易に活用できるようにすることである。
- 情報環境が汚染されることを防ぐため、ファクトチェック組織やメディア企業は特に先端的対抗技術が利用できる環境にあることが望ましい。

偽動画 9割見破るAI
東大が開発、世界最高水準　米メタも封じ込め急ぐ
2022年6月7日 2:00 [有料会員限定]
保存
「ディープフェイク」と呼ばれる偽動画への対策が進化してきた。東京大学は人工知能（AI）を訓練し、9割前後と世界最高水準の精度で偽動画を見破る手法を開発した。米メタ（旧フェイスブック）や米マイクロソフトなどIT（情報技術）大手も検出ソフトなどを開発し、悪質な偽動画の排除を強化する。政治家などの偽動画がはびこれば社会に混乱をきたすため、封じ込めを急ぐ。

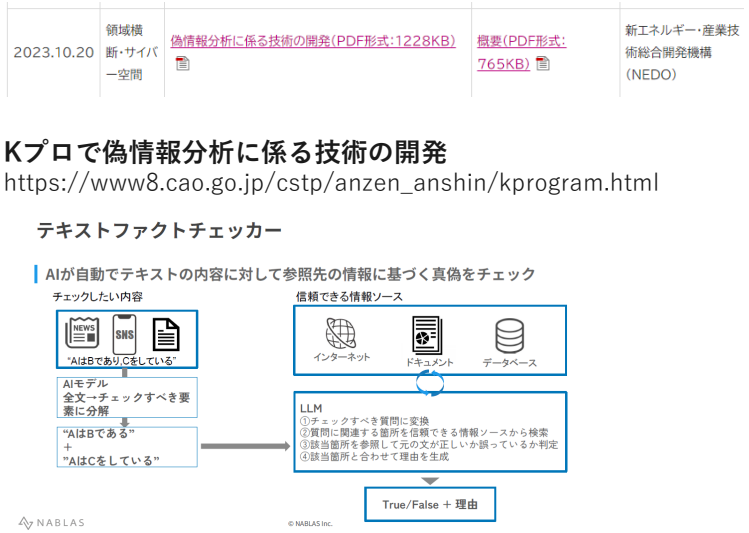
偽画像・動画を見破るにはAIを駆使するしかない
https://www.nikkei.com/article/DGKKZO61483110W2A600C2TEB000/

Originator Profile 技術研究組合とは
Originator Profile 技術研究組合（OP CIP）は、インターネット上のニュース記事や広告などの情報コンテンツに、発信者情報を紐付ける Originator Profile（OP）技術を研究開発します。
OP CIP は、信頼できる発信元からの情報だとインターネット利用者に表示することで、デジタル空間の信頼性向上を目指します。
注：技術研究組合（CIP）とは、複数の企業、大学、独立法人等が協同して試験研究を行うことにより、単独では解決出来ない課題を克服し、技術の実用化を図るために主務大臣の認可により設立される法人です

オリジネーター・プロファイルで発信者情報を紐づける
https://originator-profile.org/ja-JP/

マイクロソフトは微妙な色あせなどをもとに偽動画かどうかを判定するソフトウエアを開発。偽情報対策を推進する活動を通じ影響力の大きな報道機関などに提供する。米アマゾン・ドット・コムも多様な偽動画を見分けられるAIを開発し、論文で公表した。

マイクロソフトは偽動画判定ソフトを開発し、報道機関に提供
https://www.nikkei.com/article/DGKKZO61483110W2A600C2TEB000/


2023.10.20	領域横断・サイバー空間	偽情報分析に係る技術の開発(PDF形式:1228KB)	概要(PDF形式:765KB)	新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

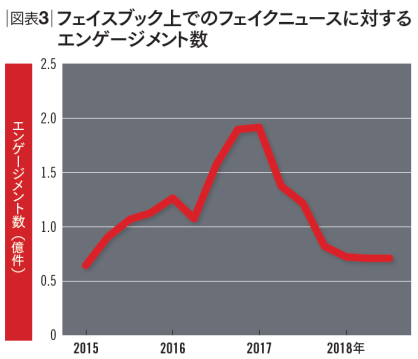
Kプロで偽情報分析に係る技術の開発
https://www8.cao.go.jp/cstp/anzen_anshin/kprogram.html

テキストファクトチェッカー
AIが自動でテキストの内容に対して参照先の情報に基づく真偽をチェック
チェックしたい内容
信頼できる情報ソース
"AはBであり,Cをしている"
AIモデル 全文→チェックすべき要素に分解
"AはBである" + "AはCをしている"
インターネット
ドキュメント
データベース
LLM
①チェックすべき質問に変換
②質問に関連する箇所を信頼できる情報ソースから検索
③該当箇所を参照して元の文が正しいか誤っているか判定
④該当箇所と合わせて理由を生成
True/False + 理由
NABLAS
© NABLAS Inc.

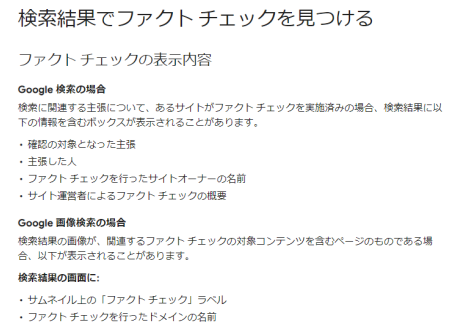
偽・誤情報検知技術（NABLAS社）
NABLAS社資料より

プラットフォーム事業者に求められること

- プラットフォーム事業者は、様々な偽情報が飛び交う場を提供している事業者として、改善に向けて常に努力していくことや、透明性の確保が求められる。特に、日本ローカルの透明性が重要。
- 既に有効と考えられている施策の積極的導入、ファクトチェック結果の優先的表示、生成AIを見破る技術の開発とユーザーへの表示など、実施できることは様々にある。
- 日本国内のメディア企業やファクトチェック組織などとの連携の継続・発展も重要。
- 経済的理由から偽・誤情報が拡散されるのを抑止する取り組みが必要である。日本語圏においても、プラットフォーム事業者と連携し、偽・誤情報を取り扱っているウェブサイトに広告収入が流れないような仕組みを構築していくことが肝要だ。
- 研究者と連携した研究や、研究者へのデータ提供などによって情報環境の研究を促進することも求められる。

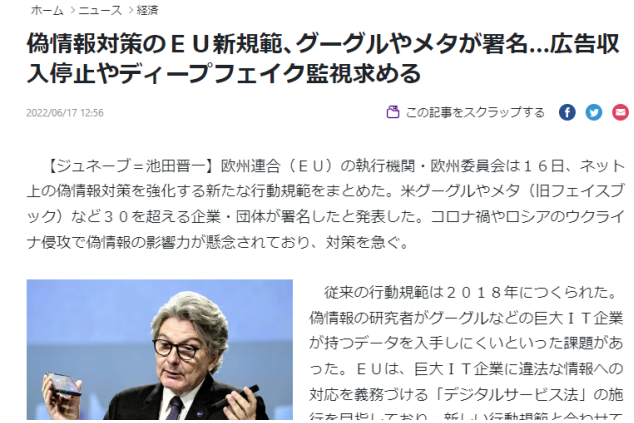


偽・誤情報対策は十分な効果を発揮する
山口真一. (2019). フェイクニュースの正体と情報社会の未来.ダイヤモンドハーバードビジネスレビュー, 2019(1). 64-73.



GoogleやMetaではファクトチェック結果の表示やラベル付けをしているが、日本には連携しているファクトチェック組織がない
https://support.google.com/websearch/answer/7315336?hl=ja

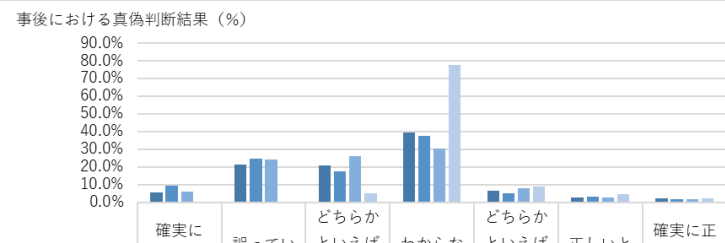
AI生成画像投稿にラベル表示を宣言
https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2402/07/news087.html



広告収入停止やディープフェイク監視が必要とされる
https://www.yomiuri.co.jp/economy/20220617-OYT1T50067/

ファクトチェックの推進

- ファクトチェックには人々の考えを変える力がある。ただし、偽・誤情報は膨大であるため、優先順位の高いものからファクトチェックをし、事実を広めることが必要。
- SNSや検索サービスなどでファクトチェック結果を優先的に表示する等の、技術的な取り組みによってファクトチェック結果をより多くの人に届ける工夫も効果的であり、それは同時に最もファクトチェック効果が高いマスメディアのファクトチェック参入インセンティブになり得る。
- AIによる偽・誤情報スクリーニングなど、効率的なファクトチェックのためのツールの開発・実装の支援も重要。

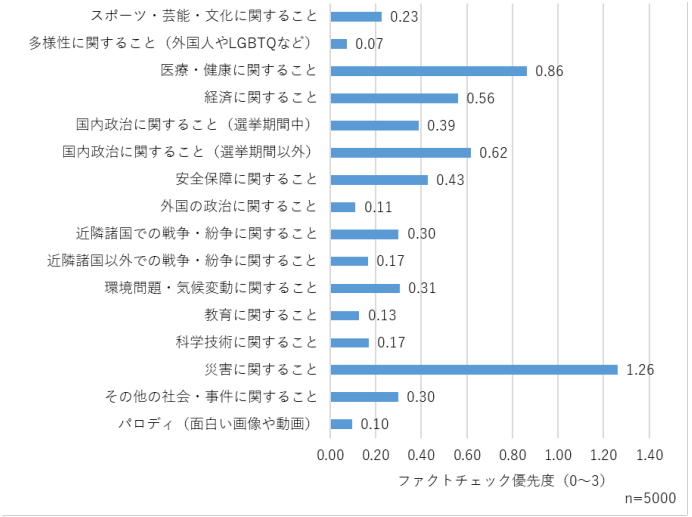


	確実に誤っていると思う	誤っていると思う	どちらかといえば誤っていると思う	わからない	どちらかといえば正しいと思う	正しいと思う	確実に正しいと思う
政府	5.9%	21.5%	21.1%	39.8%	6.7%	2.9%	2.2%
バズフィード	9.4%	24.9%	17.5%	37.8%	5.4%	3.3%	1.9%
マスメディア	6.4%	24.3%	26.2%	30.3%	7.8%	3.0%	2.0%
統制群	0.4%	0.6%	5.1%	77.7%	9.0%	4.8%	2.4%

n=542, 548, 587, 686

コロナワクチン関連の偽・誤情報を誤っていると気づいていない人にファクトチェックを提示する実験では、提示後に半分近くの人が適切に判断できるようになった

山口真一ほか（2024）「Innovation Nippon 2024　偽・誤情報、ファクトチェック、教育啓発に関する調査研究」、 https://www.glocom.ac.jp/activities/project/9439

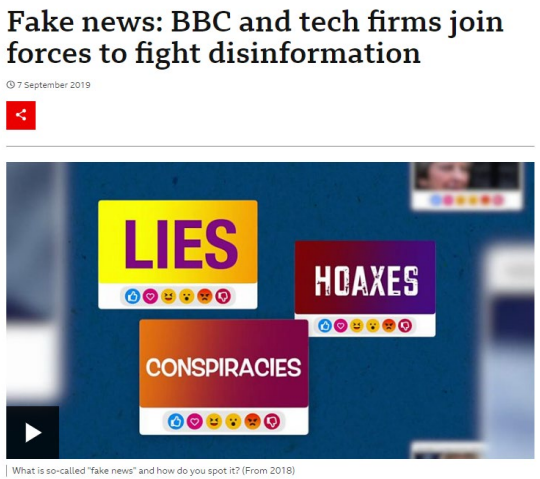


人々の考えるファクトチェック優先度

山口真一ほか（2024）「Innovation Nippon 2024　偽・誤情報、ファクトチェック、教育啓発に関する調査研究」、 https://www.glocom.ac.jp/activities/project/9439

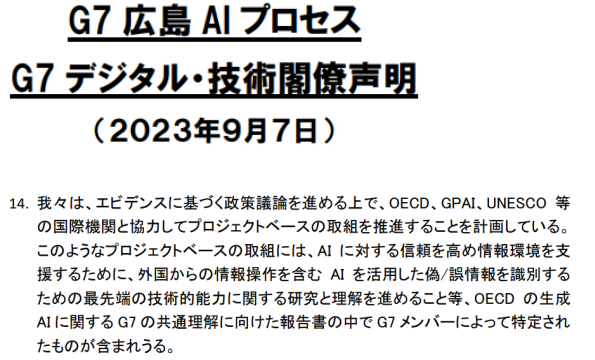
重要なのはステークホルダー間の連携

- 偽・誤情報対策に特効薬はない。根絶は不可能であるが、問題を改善していくことはできる。「自由・責任・信頼があるインターネット」を築くために、ステークホルダー間の連携が必須。
- 例えば、メディア・プラットフォーム事業者・業界団体・教育関係者・アカデミアなどが対等な立場で参画し、議論を重ねる会議体などが考えられる。ベストプラクティス共有、技術の共有、偽・誤情報傾向（内容・技術）の情報の共有といったことや、具体的な対策の議論・連携など、幅広い役割が期待される。
- 偽・誤情報問題やAIの問題は国内で完結しない。国際的な連携・情報共有・対策の実施が求められる。



BBCは偽・誤情報に対抗するためにIT企業と連携すると発表
https://www.bbc.com/news/technology-49615771

Disinformation対策フォーラムも連携のために設立された
https://www.saferinternet.or.jp/anti-disinformation/



G7広島AIプロセスでも国際機関と協力してプロジェクトベースの取り組みを推進することが明記されている
https://www.bbc.com/news/technology-49615771

G7各国等における多様な関係者による偽情報対策に関する既存プラクティス集がIGF2023で公表
https://www.bbc.com/news/technology-49615771

ご清聴ありがとうございました

This work was supported by Google Japan, JSPS KAKENHI Grant NumberJP21K12586, JST Moonshot R&D Grant Number JPMJMS2215 and JST RISTEX Japan Grant Number JPMJRS23L2. I would like to express my deepest gratitude to them.

The headline image was created by DALL-E.