



2021年3月

海底ネットワークの信頼性確保に向けて

政策立案者のための入門書

著者
ジョナサン E. ヒルマン

CSIS アジア再接続プロジェクト報告書

2021年3月

海底ネットワークの信頼性確保に向けて

政策立案者のための入門書

著者

ジョナサン・E・ヒルマン

CSISアジア再接続プロジェクト報告書

CSISについて

戦略国際問題研究所(CSIS)は、世界が直面する重要な課題に対処するために、実践的なアイデアの推進を目的とする超党派の非営利政策研究機関である。

トーマス・J・ブリツカーが、サム・ナン元米上院議員(D-GA)の後任者として、2015年にCSIS評議員会の議長に就任した。1962年に設立されたCSISは、2000年より社長兼最高経営責任者であるジョン・J・ハムレが率いる。

CSISの目的は、国家安全保障の未来を定義することである。CSISは、超党派性、独立した見解、革新的な思考、分野横断的な研究、インテグリティとプロフェッショナリズム、そして人材育成という明確な価値観に基づき活動している。CSISの価値観は、現実世界に影響を与えるという目標に向かい協力することである。

CSISの学者たちは、政策に関する専門知識、判断力、強固なネットワークを駆使し、調査、分析、提言を行っている。また、利害関係者および公共の、政策問題についての知識、認識、重要性を高めることを目的とする会議の開催、出版、講演、メディア出演を行っている。

CSISはその研究により、主要政策立案者の意思決定、および影響力を持つ人々の考え方に関する情報提供を行い、影響を与えている。より安全でより豊かな世界というビジョンを掲げ活動している。

CSISは特定の政策的立場を取ることはない。従って、ここで表明されたすべての見解は、著者のものであると理解されるべきである。

© 2021年。すべての著作権は戦略国際問題研究所に帰属し、無断転写は禁止されている。

戦略国際問題研究所
1616 Rhode Island Avenue, NW
Washington, DC 20036
202-887-0200 | www.csis.org

謝辞

本レポートは、Ciena Communications Inc.、Corning Incorporated、Google LLC、Microsoft Corporation、NEC Corporation of Americaの寛大な支援により実現した。CSISは特定の政策的立場をとることはない。したがって、本書で述べられているすべての見解、立場、結論は、あくまでも筆者のものであることを理解して頂きたい。

目次

1 エグゼクティブサマリー	1
2 はじめに	3
世界の情報スーパーハイウェイ	3
ケーブル計画プロセス	5
ケーブルにとっての脅威	8
3 利害: 米国の利益	12
経済的利益	12
戦略的利益	14
4 将来: 海底ネットワークを変貌させる3つのトレンド	16
5 提言	20
6 著者について	22



図1: 海底ケーブルにまつわる5つの神話	4
図2: 主要な構成要素	5
図3: ケーブル計画プロセス	6
図4: 海底ケーブルの故障原因	8
図5: ケーブルの安全における多層的取り組み	9
図6: 陸揚げ局のセキュリティ対策	10
図7: 海底ケーブルの経済的重要性	13
図8: アジアにおけるインターネット帯域の伸長	17

エグゼクティブサマリー

大陸間のほぼすべての音声およびインターネットトラフィックを伝送する海底ケーブルネットワークにおいて、世界の主導ハブとしての米国の立場は、もはや当然のことであるとは言い難い状況にある。世界のより多くの地域でオンライン化が進んでおり、中国が海底ケーブルのサプライヤーまた所有者として急激に台頭してきている。

このような急速な状況の変化を反映し、米国の運用規模は2004年から2019年の間に、インターネットトラフィック全体の半数から4分の1弱へ低下している。¹この4部構成の入門書では、米政策立案者を対象に、このようなシステムの紹介、主要課題の解説、米経済・戦略目標の推進について提言している。

第1章では、海底ケーブルの基本的な機能、計画方法、また最もよく直面する脅威について説明する。このようなシステムの需要が高まるにつれ、その計画過程はより困難を極めている。ケーブルを通過するデータは、物理的なセキュリティ、暗号化、冗長システム、リアルタイムの監視など、多層的なアプローチで保護されている。また、セキュリティ面では、ケーブル障害の主要原因である漁業などの日常的な物理的脅威を軽減することも必要である。海底ネットワークの計画における最終的な目標は強靱さであり、これは容量、冗長性、および接続の多様性が相互に作用したものである。

第2章では、米国の経済的および戦略的利益について説明する。海底ケーブルは、高収入の雇用を支え、生産性を向上させ、成長を促進することで、米国経済を強化する。また、海外での発展を促進し、米国のソフトパワーを拡大、強化し、民主的な情報へのアクセスを支援し、政府の通信を担う役割も果たしている。コロナ渦でのインターネットトラフィックの急増といった急激な変化の中で、米経済を機能させているのは、強靱な海底ネットワークである。

第3章では、グローバルネットワークにおける米国の役割低下の可能性を示す、3つの傾向について説明する。世界のより多くの地域でオンライン化が進み、新しい技術が採用されるに従い、帯域幅の需要が増加している。帯域幅の需要が最も急増しているのはアジアであり、中国が、海底ケーブルの主要な供給者および所有者として台頭してきている。一方、米国をはじめとする各国政府は、自国のデジタルインフラにおける外国企業の役割を厳重に監視しているために、規制面での課題や遅れが増大している。需要の増加、競争の激化、行動への障壁の増加があいまって、ネットワークの強靱さが低下し、米国民の国際広帯域容量へのアクセスが減少することになる。

最後の章では、海底ケーブルネットワークにおける米国の中心的役割を守るための提言を行う。政策立案者は、過度に制限的な姿勢をとることは避けるべきである。これは、ケーブルが他の場所に陸揚げされる動機になり、データセンターや関連する経済活動も一緒に持ち去られてしまうからである。米政府は、FCCが連邦政府の窓口を設置することで、リスク評価およびライセンス申請の予測がより明確になり、ケーブル計画プロセスを改善することができる。高度な暗号化をはじめ、ゼロトラスト・テクノロジーの先駆者となることで、厳しい環境下でもケーブルの運用を続けることができる。米国は、ケーブルを取り巻く海外の環境を改善し、発展途上国がもたらすチャンスをつかむべきである。

世界は、米国によるこれらの課題への取り組みを待っているわけではなく、グローバルネットワークは他国の利益を反映して進化している。例えば、中国の習近平国家主席は、北京をグローバルネットワークの中心に据える「デジタルシルクロード」を発表している。米国には、最先端の技術、世界をリードする企業、法による支配など、この戦略領域での競争に活用できるかなりの強みがある。強靱な海底ネットワークの構築は喫緊の課題であり、その実現は可能である。

はじめに

海底ケーブルは、高速道路や電力網と同様に、当然のように生活の一部となっている。しかし、システムは目に見えないため、図1に示すように、その仕組みについて誤解が生じているのも事実である。このセクションでは、海底ケーブルが果たす重要な機能、計画方法、また最も一般的な脅威について説明する。

世界の情報スーパーハイウェイ

海底ケーブルは、世界のデータの95%以上を伝送する世界の情報スーパーハイウェイである。²世界には品質や容量が大幅に異なる約400本の機能するケーブルがある。³海底ケーブルは、動画のストリーミングや電話の通話、クレジットカード、ATM、証券取引きにいたる、あらゆるものを運んでいる。海底ケーブルにより、教育から医療支援に及ぶ必要不可欠なサービスをバーチャルに提供することができ、アクセスの拡大と価格の低下を実現している。このようなアプリケーションはすべて、海底ケーブルにより提供される広帯域の接続によるものである。

クラウドコンピューティングの世界的な普及は、海底ケーブルにより提供される低遅延かつ大容量の接続により支えられている。これまで企業は、コンピューティングのニーズを満たすために、物理的なインフラを購入して、現地に設置しなければならなかった。クラウドにより、どんな規模の企業もこのようなリソースをレンタルすることができ、必要に応じて拡張する柔軟性が提供され、これまでは大企業にしかアクセスができなかったコンピューティングパワーを利用することが可能になった。⁴これらのリソースへのアクセスには、高速で信頼性の高い接続が必要である。

高速で大容量な海底ケーブルにより、ユーザーは遠隔地にコンピュータを設置することができる。例えば、海底ケーブルにより提供されるネットワークトランスポート能力により、アメリカにあるサーバーから世界中のユーザーにコンピューティングパワーを提供することができる。データセンターの設置場所は、いくつかの要因、特にデータのプライバシーや関連規制を中心に決定されるが、十分な伝送能力がない場合、ユーザーの近くに設置しなければならない。他の条件が同等である場合、米国間の海底ネットワーク容量の制約は、データセンターへの投資を海外に追いやりかねない。

図 1: 海底ケーブルにまつわる5つの神話

神話	人工衛星が世界中でデータの大半を運んでいる。
現実	海底ケーブルは世界のデータの95%以上を伝送している。衛星が世界で伝送するデータ量ははるかに少ないものの、衛星は補完関係にあることが多く、今後数年間に伝送範囲を拡大させ、地方市場や海洋・航空産業へアクセスを提供する可能性がある。
神話	5G ネットワークは海底ケーブルの重要性を低める。
現実	より高速な無線ネットワークの登場により、海底ケーブルの需要はむしろ増加する。5Gネットワークは、「ラストマイル」と呼ばれる短距離のデータ伝送を高速化する周波数を使用している。これらのネットワークは、より多くの装置やセンサーを接続し、移動する必要があるデータ量を増加させ、海底ケーブルが提供する長距離輸送の需要を増やす。
神話	サメは海底ケーブルの最大の脅威である。
現実	漁業と船舶活動は海底ケーブルの故障の最も一般的な原因であり、故障全体の約3分の2を占めている。
神話	海底ケーブルは時代遅れの技術である。
現実	今日の海底ケーブルには、光学、材料科学、データ処理において最先端の進歩が見られる。現在、250TB/秒の伝送容量を持つ海底ケーブルが使用されており、これは330万本の4K解像度の動画を同時にストリーミングしたり、170万社の中小企業が典型的なクラウドサービスを利用するのと同様の容量に相当する。今後もファイバーやシステムの革新が続けば、ケーブル1本あたりの容量はさらに大きくなるであろう。
神話	海底ケーブルの主な所有者や利用者は電話会社である。
現実	過去10年間に、Google、Facebook、Microsoft、Amazonなどのコンテンツプロバイダーが、世界中の海底ケーブル建設の主要投資家になった。

出典: TeleGeography; 国際ケーブル保護委員会(ICPC); 米国海洋大気庁(NOAA)

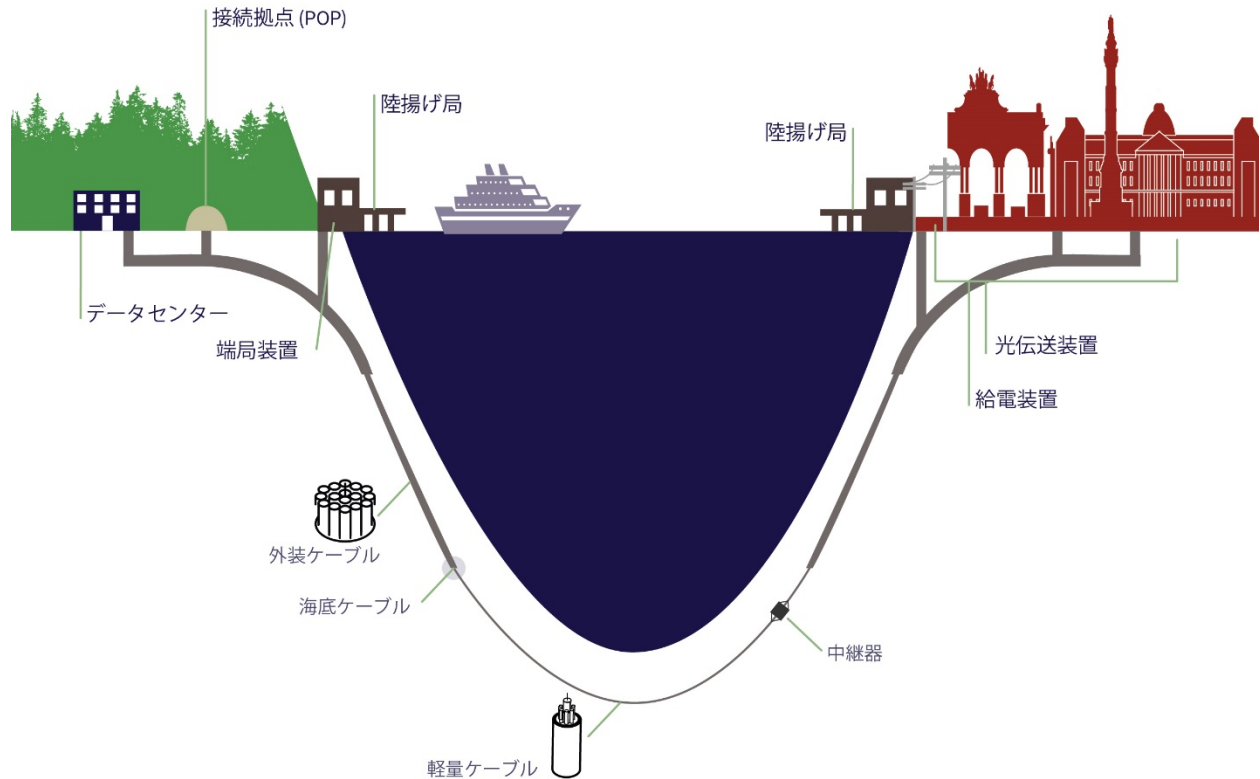
海底ケーブルの性能は、システムの主要部品の革新により、この30年間で半導体を上回る速度で急に向上している(図2参照)。⁴現在の最先端ケーブルの中核を成すのは、光束を長距離に伝送する複数のペアからなる超低損失ガラスファイバーである。それぞれのペアは、データ用の独立した導管として機能し、ファイバーは保護材で覆われている。ケーブルの両端には端末機器が配備されており、これには光送信機およびネットワーク管理ソフトウェアが含まれている。ケーブルに沿って、信号強度を高め、信号を再生する、中継器が配置されている。

このような高速大容量の接続により、かつてSF小説の世界の中であった能力が解放されている。世界中の研究室で働く研究者たちは、膨大なデータセットを共有して、ワクチンや医薬品の開発、また、あらゆる種類の研究を共同で行っている。どんな規模の企業も、必要に応じてコンピューティングパワーを利用することで、顧客需要の急増に応じて、シームレスに拡張することが可能である。高品質のビデオ会議は、大陸を越えて家族や同僚たちをつないでいる。このような環境の改善に伴い、帯域幅の需要が増加しており、当面は2年ごとに約2倍の増加が予想されている。⁵このような需要を満たすには、海底ケーブルシステムの敷設が必要である。

ケーブル計画プロセス

ケーブルを構想から稼働へ移行させるには、複雑極まりない複数の技術的、財政的、政治的、法的な障壁を経る必要がある。これは、これらのグローバルシステムが、通常複数の国にまたがっており、それぞれの国で官民の利害関係者の調整を要するからである。システムへの需要が高まるにつれ、計画プロセスはより困難になっている。

図2 主要な構成要素



出典: Google; 英国ケーブル保護委員会; Alcatel-Lucent Submarine Network

CSIS | RECONNECTING ASIA

ケーブル計画者たちは需要を予測し、リスクを明確化し、強靱なシステムの計画を目指す。このプロセスは、通常、民間企業のイニシアチブから始まる。ケーブルは通常、数億ドルの費用がかかり、最長25年間の稼働を前提としているため、ビジネス上の検討事項が計画の中心となる。このような投資回収には、長期的な需要予測を検討することが必要である。

計画者は、需要の予測後、システムに影響する可能性があるすべてのリスクを検討する。このような不測の事態には、過去に複数のケーブルの故障原因となった、気候変動や地震などの自然災害が含まれる。⁶ 係争中の領土をめぐる主張といった、地政学的リスクも検討する必要がある。計画者がケーブルのルートや状況を評価することで、ケーブル自体による環境への悪影響を防ぐなど、選択肢のトレードオフの明確化に役立つ。

海底ネットワークの最終的な目標は強靱さである。つまり、容量、冗長性、および接続の多様性が相互に働いたものである。計画性の高いネットワークは、ケーブルの障害に加え、サイバーマンデーやワー

ルドカップ、またその他のイベント開催時の需要急増にも対応することができる。ケーブルの所有者は同業者と協力し、一時的にバックアップサービスを提供することがよくある。

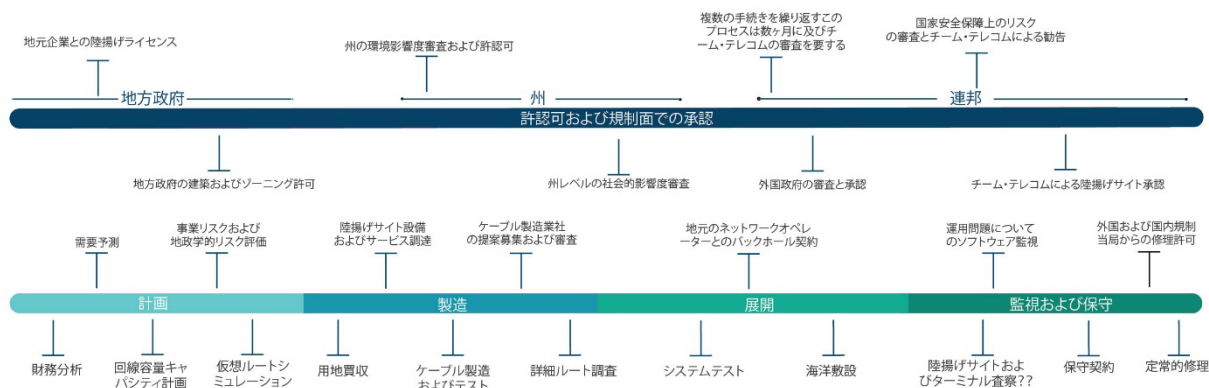
もっと最近では、Covid-19のパンデミックに対応するために、海底システムはいくつかの大きな変化に対応した。オフィスはリモートワークへ、学校はリモート学習へ、そして多くの宗教行事はライブストリーミングへ移行した。衣料品や食料品などの買い物は、オンラインで注文することが多くなった。映画やスポーツなどのオンラインエンターテインメントも急増した。このような変化の結果、国際ケーブル保護委員会(ICPC)の推計によると、2019年11月以降、インターネットトラフィックは、地域によっては25~50%増加している。⁷ 海底ネットワークは、見事にこのような衝撃に適応した。

多額の先行投資が必要であるため、企業は共同事業体を結成し、財務上および運営上のリスクを共有することが多い。また、市場によっては、陸揚げ許可を得るために、現地企業との提携が必要な場合もある。共同事業体の一般的な取り組みは、参加企業間でケーブルの設計、計画、建設、管理に関する契約を結ぶことである。

共同事業体は、ケーブルの設計、計画、建設、管理について参加企業間で契約を結ぶのが一般的な取り組み方である。各社の代表者は、プロジェクトを管理する各種委員会に参加する。各社のケーブルの割り当てと議決権は、通常、投資額に比例する。

図3 ケーブル計画プロセス

海底ケーブルの計画・提供プロセスには、国内外、連邦、州、地方レベルの幅広い関係者が関わっている。下図は主要手続きの一部を説明している。これらの手続きは繰り返され、実際には重複することがよくある。



出典: 複数の出所に基づく筆者自身の分析。

CSIS | RECONNECTING ASIA

複数の国にまたがるケーブルの場合、プロセス中で最も問題になることは、許認可および規制当局の承認であることが多い。米国に陸揚げされるケーブルは、連邦、州、地方の各レベルで承認を受けなければならない。2020年2月の時点で、74の海底ケーブルシステムが連邦通信委員会(FCC)からライセンスを取得している。⁸ ケーブル敷設の需要増加を反映して、2020年6月までにさらに11件の申請が行われた。⁹

FCCは、米国内に陸揚げされる海底ケーブルの申請を審査する。また、「チーム・テレコム」と呼ばれる省庁間のグループの、海底ケーブル以外の他の責任の中には、国家安全保障上のリスクの審査がある。この審査プロセス全体は、過去10年間でさらに長期化しており、この理由の大半は、プロセスでのチーム・テレコムによる遅延である。2017年から2019年にかけて、チーム・テレコムの審査期間は平均8.5カ月であり、こ

これらの審査を必要とする申請は、そうでない申請に比べて3～4倍の時間がかかる傾向がある。¹⁰これは、審査に2～3か月かかるシンガポールなど、他の主要ハブに比べて米国が遅れていることを意味している。¹¹

2020年に可決された大統領令では、このプロセスの改善を図ることを目標としているが、その実施については疑問が残っている。チーム・テレコムは、この大統領令により正式化され、司法省、国土安全保障省、国防省を中心メンバーとし、商務省や国務省などの他機関が補助的な役割を果たす。

審査期間には制限が設けられているが、政府は開始時期の決定に対し柔軟に対応することができる。チーム・テレコムには、既存のFCCライセンスを遡って審査する権限も与えられている。

FCCの申請プロセスは繰り返し行われる。FCCおよびチーム・テレコムは承認プロセスの一環として、企業に追加情報の提供や、リスク緩和規定の採用を求めることができる。これらの追加的なリスク緩和措置は、通常、国家安全保障協定(NSA)あるいは誓約書(LOA)により正式に規定される。一般的な規定としては、陸揚げ局および端局装置の検査を受けることなどが挙げられる。審査終了後、チーム・テレコムはFCCに勧告書を提出し、FCCはその申請が市場のニーズに役立つものかどうかなど、商業的要素について独自の評価を行う。

さらに、州や地方レベルでの手続きも必要である。具体的な要件は地域によって異なるが、一般的には、州の環境許可および地方政府の建築およびゾーニング許可が必要である。ケーブルが既存の陸揚げ局に陸揚げされる場合を除き、計画者は、ケーブルを陸揚げするための導管、および端局装置の収容施設を建設する用地と許可を取得しなければならない。

国内審査だけではなく、ケーブルが通過する他の国においても、独自の同様な手順を繰り返す必要がある。具体的な手続きは国によって異なるが、通常は、プロジェクトに関する詳細情報の提出、懸念事項への対応、料金の支払いが必要である。また、ケーブルが着地はせず、その国の海域を通過する場合や、場合によってはその国の領海を超えて通過する場合も、その国の承認が必要となる。日本とシンガポール間のケーブルの場合、敷設ルートによっては、マレーシア、インドネシア、フィリピン、中国の承認が必要になる。¹²

配備時間を短縮するために、ケーブルの製造および機器の購入は、必要な許可が正式に下りる前に開始される。プロジェクトの所有者は、ケーブルメーカーに提案を求める。世界大手のゼネコンは、SubCom(米国)、NEC(日本)、Alcatel Submarine Networks(フランス)、HMN(旧Huawei Marine Networks、中国)の4社である。ケーブルは特定のルートに合わせて特注で作られる。生産期間はファイバーの本数や長さにより異なるが、通常、工場での品質管理やテストを含め、24～36ヶ月かかる。¹³

ケーブルの所有者は、陸揚げ地で機器やサービスも入手しなければならない。最近では、中立的な相互接続データセンターでケーブルを終端させることがますます一般的になってきており、これにより、様々な企業が共同設置することができるため、通信事業者が所有するサイトに比べ、より簡単に接続することができる。¹⁴申請審査の一環として規制当局に提出する書類には、制御室の機器の詳細と、ネットワーク管理システムの図式が含まれている。また、ケーブルの所有者は、陸揚げする国々のネットワーク事業者と、陸揚げ場所から内陸および沿岸の目的地までデータを運ぶ、「バックホール」を提供する合意に達する必要がある。

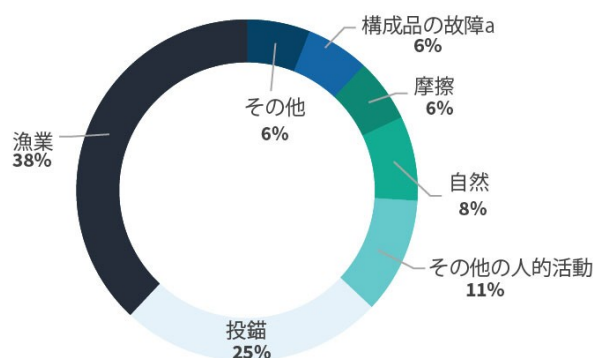
ケーブルの敷設は、ルートの詳細な調査から始まる。机上調査でルートの選択肢が検討される。ルートが選択されると、地震活動や漁業が盛んであることなど、環境への影響をさらに特定し、危険地域への露出を軽減させるために、海洋調査により実際のルートが確認される。これらの情報をもとに、ケーブル敷設専用船を使いケーブルを敷設する。ダイバーがケーブルの端を海岸へ運び、地上の機器にも接続される。システムが完全に設置されると、稼働前にさらにいくつかのテストが実施される。

稼働しているケーブルには、定期的な監視と保全が必要である。ネットワーク管理ソフトウェアが性能上の問題を検知して、オペレーターに警告し、点検と保全が行われる。世界中に約45隻の海底ケーブル敷設船があるが、そのうちの一部は常時ケーブルの敷設に従事しているため、修理に対応できる船は少ない。¹⁵ケーブルの保守費用を分担するため、ケーブルの所有者は、決められた地理領域を受け持つコンソーシアムに参加することが多い(これは、特定のケーブルを建設・運用するコンソーシアムとは異なる)。

ケーブルにとっての脅威

国連によると、毎年、平均150～200件の海底ケーブルの故障が発生している。¹⁶漁業および船舶活動が最も多い事故原因であり、故障全体の約3分の2を占めている。

図4 海底ケーブルの故障原因



Source: TeleGeography, 2017.

CSIS | RECONNECTING ASIA

出典: アラン・モールディン(Alan Mauldin)、「ケーブルの故障:ケーブルはいつどうやって故障するのか」(“Cable Breakage: When and How Cables Go Down”)、TeleGeography、2017年5月3日、<https://blog.telegeography.com/what-happens-when-submarine-cables-break>.

トロール網や浚渫船のような海底に接触する漁法は、ケーブルにとって特に危険であるが、アジアの一部では現在でもよく使われている。投錨の事故は、不注意に錨を落とし、海底を引きずり生じることが多い。また、正しく停泊している船が、異常気象によりケーブルに引き込まれることもある。

ケーブルの計画者は、これらのリスクを最小限に抑えるために、複数の対策を講じている。このような事故から守るために、ケーブルには外装が施されており、場合によっては漁業が盛んな海岸付近では、埋設されることもある。オレゴン州漁師ケーブル委員会のように、漁業関係者との連携を図ることも事故防止につながる。また、ケーブルの計画者は、船舶の指定停泊地を避けるようにしている。

例えば、オーストラリアとニュージーランドでは、漁業や投錨を制限するケーブル保護区域を設定し、またケーブルの損傷に多額の罰金を科している。¹⁷ 米国には、保護区域も、抑止効果の高い罰金もないため、2014年に作業部会がFCCに勧告している。¹⁸

ケーブルの計画者は、データの機密性、整合性、可用性を保護するために、図5が示すような、多層的なセキュリティの取り組みを採用している。保管中およびトランジット中のデータの暗号化により、データの機密性が保護されている。データの整合性は、強化された陸揚げ局と、信頼できるベンダーにより提供される、物理的に安全な局内の機器により保護されている。データの可用性は、バックアップ用の電源や、その他の冗長部品を取り入れ保護されている。さらに、自動監視機能により、トラフィックのわずかな変化や、障害を示す可能性がある物理的条件が、瞬時にネットワークオペレーターに通知される。

接続拠点 (POP)
トラフィック変化の自動監視

バックアップ電力供給

陸揚げ局
セキュリティ強化

陸揚げ局
物理的に分離された設備

データセンター
停止中暗号化データ

端局装置

光伝送装置

給電装置

伝送中暗号化データ

外装ケーブル

海底ケーブル

中継器

軽量ケーブル

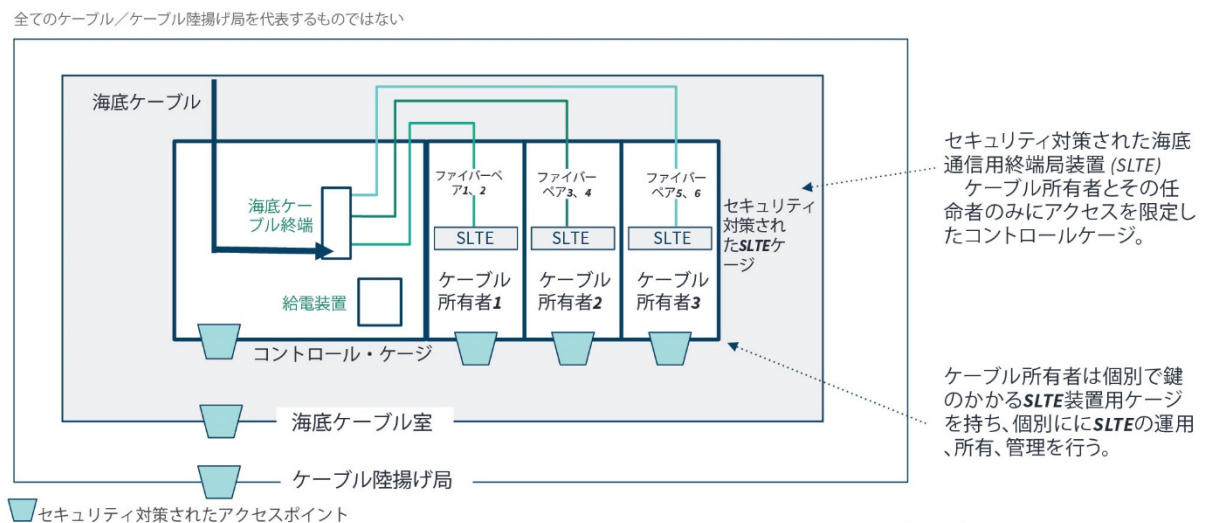
CSIS | RECONNECTING ASIA

リスク緩和は、所有者が、機器の調達先、組み立て、テスト、設置、運用、保守の依頼先を決める、ケーブルの計画段階から始まる。選出された会社は、システムの最も機密部分へのアクセスを獲得する。しかし、地上ネットワークと比較し、海底ケーブルはファイバーの本数が少なく、アクセスポイントも少ないため、一般的にはケーブルの各末端への不正アクセスのリスクは限定されている。²¹

陸揚げ局は、以下の図6が示すように、複数の対策を講じて保護されている。このようなセキュリティが厳重で物理的に強化された施設へのアクセスは、立ち入り禁止であり、かつ高度に区分化されている。所有者は、個別の海底通信用端末装置 (SLTE) が配備された、指定のケージへアクセスすることができる。さらなる別の複数の管理システムにより、給電装置 (PFE) へのアクセスも制限されている。

国家安全保障協定および誓約書において、追加のセキュリティ規定を要求することができる。例えば、FCCは、24時間365日体制で監視およびサポートサービスを提供する、ネットワーク・オペレーション・センター (NOC) を米国領土内に設置し、国家安全上のリスクが高いと思われる地域には設置しないように求めることができる。

図6 陸揚げ局のセキュリティ対策



出典：Google LLC.

CSIS | RECONNECTING ASIA

所有者のリスクは、システムアーキテクチャによっても管理されている。最新の共用システムによるアクセスは、通常は特定のファイバーペアに制限されている。ファイバーペアは区分され、独立した制御装置を持つことが可能であるため、各ファイバーペアは基本的には独立したシステムである。このファイバーペアを共有する必要があるシステムでは、新しいテクノロジーにより、安全なスペクトルを共有できるため、各所有者に対し実質的に、「仮想ファイバーペア」を作り出している。ケーブルの一部の容量を所有していても、他の部分への物理的、あるいは仮想的なアクセスは提供されない。

輸送中のデータの保護には暗号化が使用されており、これは近年さらに高度化している。従来の暗号化では、鍵の管理が必要とされ、帯域幅の使用効率が悪い場合があった。最新の光暗号化技術は、運

用に悪影響を与えずにセキュリティを実現している。

暗号化に加え、海域でのケーブルの保護には、物理的な対策や高度な監視が行われている。水深が浅いところでは、ケーブルは陸揚げ局から数マイル先の海上まで、保護導管に包まれている。水深の深いケーブルに無許可でアクセスすることは技術的に難しく、具体的な方法やどの国がこのような能力を持っているかについてはほとんど公表されていない。²²対象となるファイバーの特定、データのコピー、暗号化の解除、トラフィックや物理的な干渉のわずかな変化を検知する監視システムの回避など、複数の課題が障害となっている。

近年、世界的に海底ケーブルへの依存度がさらに高まっており、システム運用者はセキュリティ対策を強化している。ソフトウェアが伝送異常を検知し、職員に警告を発するために継続的に監視している。セキュリティサービスによっては、ドローンや船舶による海洋監視を行っているものもある。

今後数年間に、このような脅威が生じる可能性があるが、上記の考察から一般的な階層が明確になった。悪意による脅威であるサイバー攻撃は、陸上や海上における物理的な侵害よりも、発生する可能性が高いと考えられる。しかし、偶発的で物理的な脅威は、依然として圧倒的に最大懸念事項である。

このような脅威は、強靱なネットワーク構築の重要性を明確に示している。海底接続が比較的少ない国では、障害発生時に非常に大きなコストがかかる。2017年に、コンテナ船がケーブルを損傷し、ソマリアでは3週間にわたりインターネットが遮断された。その間、1日あたり推定1,000万ドルの損失が発生し、同年の45億ドル規模の経済に大きな打撃を与えた。²³ 接続形態が多様な国では、個々の障害が発生しても、トラフィックが他のケーブルに振り分けられるため、ユーザーが気付かないことがよくある。したがって、米国の政策は、ケーブル障害の防止を目指すと同時に、強靱なネットワークの構築を促進するものでなければならない。

利害

米国の利益

米国は、海底ケーブルネットワークのグローバルハブとしての地位により、経済的にも戦略的にも恩恵を受けている。このハブというステータスは、米国の技術革新、投資、海外との接続に対する開放性の結果である。1990年代から2000年代後半までのインターネットブーム以来、米国企業の主な挑戦者は、パートナー国や同盟国からやってきた。つまり、それは主に商業的な競争であった。しかしながら、中国の台頭により、新たな地政学的側面が追加された。効果的な対応をするには、どのような米国の利益が懸かっているのかを注意深く検討する必要がある。

経済的利益

海底ケーブルは、高所得の雇用を支援し、生産性をあげ、成長を促し、米国経済を強化する。学者は未だこのような米国経済への恩恵を厳密に測定するには至っていないが、他国の研究ではGDPや雇用の伸びが指摘されている。²⁴

関連研究では、高速インターネットへのアクセスは、雇用期待を増加させ、技術革新を触発し、貿易障壁を低下させることが示されている。²⁵ 世界銀行によれば、米国などの高所得国では、ブロードバンド採用率が10%上昇すると、一人当たりのGDP成長率1.21%をもたらすという。²⁶ 当然ながら、アクセスの拡大には、特にネットワークのラストワンマイルの構築のような、他のステップも必要である。海底ケーブルは、インターネットの速度を上げてコストを下げ、ユーザーによく恩恵をもたらす。

海底ケーブルがなければ、米国の主要産業は立ち行かなくなる。650万人の雇用と、GDPの7.4%を担うと試算される米国の金融セクターは、海底ケーブルに大きく依存している。²⁷ 元連邦準備銀行のスタッフ経営部長のスティーブ・マルプラスは、「金融システムは、信頼性のある通信に依存しており、従って、それこそが最大の脆弱性の一つである」とかつて説明したことがある。²⁸ 「停電すると、通常、非常用発電装置が起動して重要業務は維持できるが、通信を喪失しようものなら、金融システムは音をたてて止まるのではなく、折れたように止まってしまう。」このような要件からも、強靱なシステムの構築がいかに重要かが強調される。

米国の輸出とそれが支える仕事も、海底ケーブルに依存している。デジタル処理で供給されるサービスであるICT(情報通信技術)サービスの米輸出は、重要性を増してきている。2016年の最新データでは、米国のデジタル関連の輸出高はほぼ4700億ドルに上り、16万1000件のインターネット部門の雇用に加え、他の産業での130万件の雇用を含み、143万件の米国雇用を支えた。²⁹ 米国のサービス関連の貿易黒字のうち、デジタル関連の輸出が3分の2以上を占めていることは、この分野における米国の強さを表している。十分な海底接続性なしには、このようなデジタル製品が目的地に着くまでに、時間もかかる上にコストもかさみ、米国の労働者や企業は不利な環境で戦うことになり、ひいてはコンピューティングリソースの海外流出を誘引することになったであろう。

あらゆる規模の米企業が、製品販売にインターネットを利用している。Etsyは、大半が米国を拠点とする小規模ビジネスである、250万人の有効な売り手があり、また有効な買い手は世界中に3940万人いる。³⁰ フリーランサーも、Fiverrなどのオンライン・マーケットプレースを活用し、世界人口の95%以上が暮らす米国外で、新規顧客やクライアントを見つけることができる。米企業は、グローバルネットワークにおける米国の指導的地位から競争優位性を得ることで、海外市場における高いビジビリティと、市場へのアクセスの容易さが与えられる。

図7 海底ケーブルの経済的重要性

海底ケーブルが可能にするもの：



**10兆ドルを超える
日々の
金融取引**

**ブロードバンドの採用増加
10%ごとにGDPの伸び率
1.2%**



海底ケーブルに依存するその他の経済活動：



**デジタル輸出高\$4700億ドル
と2016年の国内雇用143万件**

**一般的なデータセンター建設時の
経済効果3億2500万ドル地
元労働者の雇用1,700人**



米国のイノベーターは、米国経済に利益をもたらす、グローバル・コミュニケーションに依存する、複数の有望な発展の最前線にいる。遠隔教育や遠隔医療サービスの利用の増加がその例である。米国の科学・研究者コミュニティも、海底ケーブルが提供する信頼性のある国際間の帯域に依存している。ワクチンの開発でも、人工知能の研究でも、イノベーターには、海底ケーブルが提供する、速くて手頃な価格の信頼性のある接続へのアクセスが必要である。

米国は海底ケーブルのお陰で数多くのデータセンターの拠点となっており、データのグローバルな流れを可能にし、国内雇用も生み出す。米国商業会議所によると、典型的なデータセンターの建設は、1700人近くの地元労働者を雇用し、3億2500万ドルの経済活動を生み出す。

すという。運営が始まったら、各データセンターは、機材の購入、電力など関連サービス全てを含め、毎年157種類の仕事を創出し、4000万ドルを超える経済活動を生み出す。³¹米国と海外市場との信頼性の高いグローバルな接続がなかったら、このようなデータセンターは海外に建築され、地元の仕事も経済活動も持ちさられたであろう。

米国企業は、海底ケーブル技術の生産においてもリーダーである。米国企業は、この234億ドル産業で、最先端超低損失ファイバー、ケーブル構成品、ネットワーク装置などの製造におけるリーダーであり、また海洋調査からルート計画まで、幅広い関連サービスのリーダーでもある。³²必要とされる技術の高い専門性から、このような職業は給料が高い。例えば、米国には9300人の海底ケーブル技術者がいると言われているが、その平均年俸は11万4000ドルである。³³海底ケーブルは、物理学、海洋技術、コンピューターサイエンスなどの分野に進歩をもたらし、この産業を、米国の科学、エンジニアリング、テクノロジー基盤の重要な一部にしている。

戦略的利益

海底ケーブルは米国の複数の戦略的利益も支えている。海底ケーブルは、米国経済を強化する一方で、海外での開発も促進する。最近の研究では、海底ケーブルがもたらす接続増加の恩恵を受け、アフリカでも雇用に改善が見られた国々が複数あることが示されている。³⁴世界銀行は、海底ケーブルが重要な役割を果たす、インターネットアクセスと接続性の改善により、太平洋島嶼国では、2040年までに30万の雇用が追加される可能性がある試算している。³⁵

海底ケーブルは、米国のソフトパワーを通す管でもある。ソフトパワーは一般的に、強制や金銭授受よりはむしろ、魅力や説得を介する影響力と定義されている。映画、ビデオゲーム、教育、メディアなどは全て、海底ケーブルに依存するソフトパワーの源泉である。³⁶このような相互作用は、米国の信頼性と評判に対する外国の認識に影響を与える。ソフトパワーの正確な測定は難しいが、それを試みる多くは、デジタル接続性の高まる重要性を認めている。³⁷

情報への民主的アクセスを支援することも、長年にわたる米国外交政策の目標であり、これにも海底ケーブルが役割を果たしている。「寛容、開放性、自由を支持する声を支援し増幅することにアメリカの民間部門は直接的な利害関係を持つ」とトランプ政権の2017年国家安全保障戦略は、記す。³⁸オバマ政権の2015年国家安全保障戦略では、「情報へのアクセスを拡大し、表現の自由を可能にし、世界中でこの戦いの中にいる市民社会グループをつなぐテクノロジーの支援」を呼び求めている。³⁹国際間データの主要ルートとして、海底ケーブルはこのような取り組みの中核を成している。

米国政府は、外交コミュニケーションや軍事作戦において海底ケーブルに依存している。米国政府は「ブラックファイバー」と呼ばれる、専用の海底ケーブルネットワークを維持しているが、一方でそのコミュニケーションの90%から95%は、未だに民間所有のインフラに依存している。⁴⁰2008年12月にエジプト/イタリア間の海底ケーブルが3本切断されたときには、イラクにおける米国のドローンの1日の飛行回数は、数百単位から数十単位に減少し、強靱なネットワーク構築の重要性が示された。⁴¹米国軍部が新規の遠隔センサーやコミュニケーション技術を採用するにつれ、通信帯域の需要は高まる。

海底ケーブルは経済的・戦略的重要性が高く、強靱なネットワークの構築は、米国の安全保障を様々な形で強化する。自然によるものであれ、人為的なものであれ、急激な変化に直面したときにも、強靱なネットワークは米国経済の機能を維持し続け、金融取引を成立させ、あらゆる規模のビジネスに

よる外国市場へのアクセスを後押しする。強靱であることはさらに、海底ケーブルの戦略的メリットを擁護し、米国のソフトパワーの拡大を継続させ、情報への民主的アクセスを支援し、海外在住の米外交官や軍人のコミュニケーションを容易にする。

ただし、強靱さは維持し続けなければならない。新型コロナウイルスのパンデミックにより強調されたように、十分な容量を持つことで、米国およびその他の主要経済国は、オンライン活動の大幅な急増に対応することができたのである。ヨーロッパやアジアの複数のケーブルのサービスハブを含め、領土内に70カ所以上の陸揚げ局を持つ米国は、接続の少ない国々に比べ上手く自然災害を切り抜ける能力を擁する。そして、この強みを維持するためには、新たな機会を十分に活用し、難題に適応するシステムを計画することが必要である。

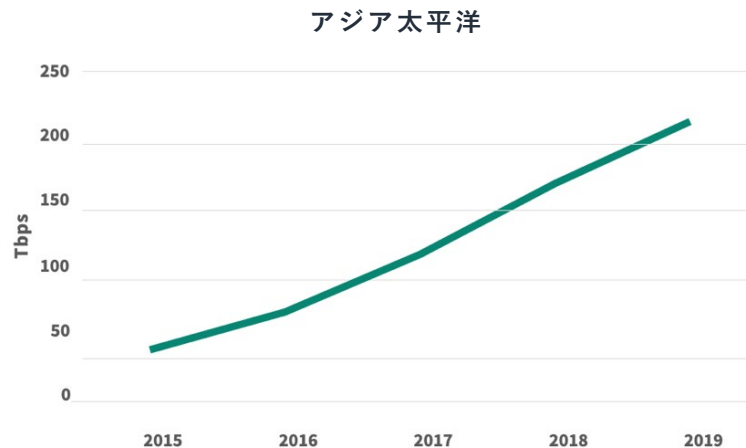
将来

海底ネットワークを変貌させる3つのトレンド

海底ネットワークは、国家間、企業間、市民間で新しい接続が形成される限り進化し続ける。将来的には3つの関連するトレンドに注目する必要がある。まず、世界中でオンライン化が進み、新技術が採用されるにつれ、帯域需要は増加している。2点目に、海底ケーブルのプロバイダー/所有者として、中国が指導的立場に台頭してきている。3点目に、米国政府ならびに他国政府が、自国のデジタルインフラにおける外国企業の関わりをより厳重に監視しており、このため規制面での課題が増大している。これらのトレンドは、グローバルネットワークにおける米国の役割低下を暗示しているようである。

米国は依然として、インターネットトラフィックの世界の主要ハブであるものの、世界中のオンライン化が進むにつれ、グローバルネットワークにおけるその中心性は低下しつつある。2004年時点では、世界の全インターネットトラフィックの半分以上が米国を通過していた。⁴² 15年後にそのシェアは、4分の1以下に減少した。⁴³ このトレンドの背後で、強力なけん引役を果たしているのはアジアであり、2018年には、インターネットユーザー全体の半分以上がアジアに居をおいていた。⁴⁴ 米国企業はアジアとのルートの容量増加を追求し、さらに他の新興市場での地位を確立して対応してきたが、規制の壁と中国からのより激しい競争に直面している。

図8 アジアにおけるインターネット帯域の伸長



出典：国際電気通信連合、デジタル開発事実と数字2020（ジュネーブ：国際電気通信連合，2020），10，<https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2020.pdf>.

今後数年はイノベーションと技術の拡散が需要を高めていく。5Gネットワークの普及と5Gが支える産業用アプリケーションは、特に先進国で、帯域のニーズを増大させる。途上国世界では、ネットワーク・インフラへの投資と、既存技術のより広範な採用により多くのユーザーをオンラインに連れてくる。3分の1以上の国々はインターネットエクスチェンジ（複数ネットワークの接続施設）さえ持たず、成長の可能性が推し測られる。⁴⁵

グローバルな帯域需要が高まるにつれ、ここ数年のうちに新しいハブが台頭する可能性がある。需要の伸びはアジアに接続するリンクで最も顕著に見られ、2014年から2018年までの間に、年間53% 成長した。⁴⁶ 2015年から2019年までの間、アジアの国際的帯域幅の伸びは年間42%であった。この成長の恩恵を最大に受けてきたのは香港で、2019年には国際的帯域幅が世界で第6位であった。しかし、中国が広範囲におよぶ国家安全維持法を2020年に課して以来、太平洋横断海底ケーブルの計画者らは香港以外の場所を探している。今後、ケーブルはすでにアジアでの主要ハブであるシンガポール、日本、フィリピン、インドネシアに陸揚げされる可能性が高い。

アフリカの成長可能性も計り知れない。アフリカ大陸には世界人口の17%が暮らしているが、そのデータセンター容量はわずか1%に過ぎない。⁴⁷ 2015年から2019年の間に、アフリカの国際的帯域幅は年間45%の伸びを示し、また複数の海底ケーブルプロジェクトが進行中である。エジプトと南アフリカが大陸の2大ハブで、それぞれ、17本と、11本のケーブルを受け入れている。⁴⁸

南米では、チリが新ハブとして台頭してきている。この国の地理、気候、ビジネス環境などが主要なクラウドプロバイダーやコンテンツプロバイダーを惹きつけている。チリ政府は、2019年に拡張または新設されたデータセンターは15に及んだと試算する。⁴⁹ 2020年7月にチリは、同国からニュージーランドとオーストラリアに至るケーブルを建設するという日本の提案を選択したことを発表した。⁵⁰ この決定は、中国を陸揚げ局にするルートを提案していた、Huawei Marine Networksの敗北を示す。

Huawei Marineの提案は2つ目の主要トレンドである、海底ケーブル主要プロバイダーとしての中国の台頭を描写している。2009年Huaweiと英国に本社を置くGlobal Marineとの合併事業として始まったHuawei Marineは、徐々に中国資材と人材の関与を増し徐々に変容した。Huawei Marineとして、中国は、1社の外国のパートナーに依存する国から、世界第4位の海底ケーブルサプライヤーを持つ国へと変貌を遂げた。

中国軍との協力の歴史を持つ民間企業、Hengtong Groupは、2020年Huawei Marine Networksを買収し、「HMN Technologies」へとブランド替えした。Hengtongは、先端海底グレードファイバーの中国最大手の生産者であるが、人為的な低価格販売行為のため、現在、欧州委員会の捜査対象企業の1つである。⁵¹ 中国語版のHengtongのウェブサイトのみで見られるプレスリリースには、同社は「我が国の国防近代化に強力な支援を提供し」、「国際市場へ進出する」との記載がある。⁵²

HMNの旗艦事業はPEACE(パキスタン&イースト・アフリカ・コネクティング・ヨーロッパ)ケーブルである。アジア/アフリカ間の最短ルートとして予定されたPEACEケーブルは、パキスタンとジブチに陸揚げ局を持つ。パキスタンでは最近、中国が初の直接陸上ケーブルを始動させたところである。ジブチは中国初の海外軍事基地を受け入れたところである。提案されたルートの全長は1万5000キロ。陸揚げ局はケニアとセイシェルを含み、支線はヨーロッパに接続し、フランスのマルセイユで陸揚げされる。⁵³

中国の海底ネットワーク推進は、幾つかの大規模国家イニシアチブが支援する。2013年に発表された中国の一带一路構想は、「デジタル・シルクロード」を含み、中国と130以上の参加国の接続増強を目指す。2015年に導入された広範な産業計画「メイド・イン・チャイナ2025年」は、中国製品の戦略部門でのシェアに野心的な目標を計画しているが、その中には光ファイバー情報通信機器のグローバル市場の60%を獲得するという目標もある。⁵⁴ 中国は、このような計画を、中国企業への補助金や輸出金融、中国国営3大通信事業者による投資、受け入れ国への貸付など、かなりの資源を投じて後押ししてきた。

中国の活動は、デジタルインフラにおける外国関与に対する、政府のより厳しい監視という幅広い傾向の一部である、米国政府の対応の引き金となっている。2020年7月チーム・テレコムは、外国所有権と中国の香港支配から派生するリスクに言及し、提案された米国/香港間のケーブル接続の却下をFCCに勧告した。⁵⁵ チーム・テレコムは既存の海底ケーブルライセンスの見直しも行なっている。

対外的にも、トランプ政権は、中国が投資したケーブルのリスクを検証するように他国に働きかけた。2020年8月、クリーンネットワークが拡張され、「クリーンケーブル」という名で、海底ケーブルに対する一連の取り組みも含むようになった。⁵⁶ しかしながら、この発表のあと取り組みの詳細はほとんど示されなかった。その後数ヶ月、米国が他国と署名した合意で、主に焦点が当てられたのは5Gであった。このことが、何をもって「クリーンな」海底ケーブルのかということについて混乱を招いたと、本報告書の聞き取りに応じた業界専門家と政府関係者は述べた。

米政府は、第三国市場のプロジェクトにおけるパートナー国や同盟国との協力体制も模索している。例えば、米日豪は太平洋島嶼国パラオ向けのケーブルの協調融資を行なっている。⁵⁷ 元来ブルー・ドット・ネットワークの一環として始まった、これらの最初の計画は、最後のセクションで説明する通り、さらに推進されることが可能なはずである。

他の国々も防御的措置を講じてきているが、対中国向けの措置だけではない。欧州委員会の「デジタル主権」の呼びかけは、ヨーロッパ製のクラウドプロバイダーを確立し、ヨーロッパでのデータストレージ増強を目指す。インド、インドネシア、ベトナム、その他の開発途上国や新興国は、データ・ローカライゼーションの要求を試行している。このような動きは、ストレージおよびコンピューティング能力を米国内にキープして外国市場へのサービス提供のためにネットワークを活用するのではなく、より多くのデータセンターを海外に構築する方向に米国企業を向かわせてしまうことになる。

提言

上述のトレンドは抑制策と実行可能性促進策の間でいかに均衡をとっていかを、米国の政策立案者に挑戦する。以下の目標が米国の経済的利益と戦略的利益を推し進める可能性がある。

- 1. 世界の主要ハブという米国の地位を堅持する。**米国は海底ネットワークの中心であることから、多大な経済的・戦略的優位性を引き出している。制限性が強すぎるアプローチを取れば、こういった優位性を損なうことになりかねない。たとえ、米国が信頼できない場所からのケーブルを全て切断することになっても、他はなんら変わることはないので、トラフィックは代替のルートを見つけて、別のトラフィック交換ハブを通り、同じ目的地に到着するだけである。これにより恩恵を受けるのは、中継の役割を買って出ようとする国々である。北米では、カナダやメキシコがその代替国として台頭するであろう。米企業はデータセンターを海外市場に移転することになるため、経済的恩恵を享受するのは移転先ということになる。
- 2. ゼロ-トラストテクノロジーを開拓する。**海底ケーブルの主要プロバイダーとしての中国の台頭によるリスクを低減させるための、国内外での継続的な注意が必要になる。ケーブルの寿命25年の間には、地政学的要因は否応なしに変化し、各国政府間の信頼も満ち引きがありうるだろう。こうした課題を前に、米国は先端暗号化技術や、先端侵入検知などセキュリティ面でのソリューションや、超低損失ファイバーなどの支援技術を探求して、信用できない環境でもより安全な運用を可能にするべきである。こうした技術開発は、米国とその同盟国に新たな商機をもたらし、今までの高品質ケーブルシステムの提供と強みの上に積み上げていくことができる。
- 3. 海底ケーブルの連邦政府の窓口を一元化する。**FCCは、他の連邦政府機関、州政府機関、その他の公的・民間の利害関係者に対し、単一の連邦政府窓口を設立すべきである。現行のプロセスはあまりにも分散しており、場当たりのである。このような単一の窓口ができたなら、リスク軽減、敷設、修理などのベストプラクティスや、漁業関係者とケーブル所有者のような、官民の利害関係者間の調整のベストプラクティスに関わる情報提供も可能になる。この組織は現行のケーブル保護法について、ケーブル破損の罰則も含めた見直しを行い、このような法律を現状に合わせるべく議会に提言するべきである。

4. **リスク評価の透明性を高める。**米国政府は、自らがどのようにケーブルルート上のリスク評価を行っているか、更なる指針を提示すべきである。国務省の「クリーンネットワーク」の海底ケーブルに対する取り組みは、多くの詳細を欠いており、素朴な疑問を浮上させた。例えば、中国への直接接続が一番リスクの高いルートであるならば、中国へ自前の接続を持つ第三諸国へのルートはリスクがより低いのか、また、中国と直接接続しない国家間の接続は、リスクが最も低いのであろうか。この取り組みが継続されないとしても、機密情報を共有することなく、リスクを評価する基準を説明する努力がもつとなされるべきである。
5. **申請の見通しを向上させる。**透明性の改善とともに、見通しの向上により米国の利害関係者は、海底ケーブルをより効率的に計画できるようになる。既存のルートに関する状況の不確実さと過去の申請に要している長い審査期間は、もともと複雑なプロセスを対応不可能に近いものにしてしまう。チーム・テレコムの新しい手順は、一貫性を持って実施された場合、正しい方向への重要なステップになりうる。米政府はより信頼のおけるアジアの代替ハブについての指針を示すべきである。
6. **開発途上国の経済を支援する。**グローバル需要の高まりは、新しいルートを奨励する機会を米国にもたらし、それが米国内での雇用、成長、イノベーションを支援する。このような恩恵を実現し、途上国のニーズを満たす援助を行うために、DFC(米国開発融資会社)と輸出入銀行は、海底ケーブルを含むデジタルインフラへの支援を増加させるべきである。例えば、民間所有のケーブルでは計画の段階で、分岐ユニットを構築する支援として上記を使うことができ、それによって将来、公共/民間の投資家が、サービスが十分でない市場に支線を追加することが容易になる。有限なリソースと共通の強い関心を考慮すると、米国はオーストラリアや日本との既存の協力を深化させ、この協力を広げて他のパートナー国や同盟国も巻き込むべきである。
7. **外国のケーブル環境を改善する。**行政府と特に国務省は、ケーブルが外国で直面する障害を取り除き、問題点に取り組むことができるように、より積極的な役割を果たすべきである。これには、例えば米国のパートナー国および同盟国と協働して、ケーブルライセンスの取得や修理を促進したり、データプライバシーの懸念に取り組むなど、ケーブル以外の関連問題での協力も含まれる。

著者について

ジョナサン・E・ヒルマンは、CSIS経済プログラムの上級研究員であり、アジア再接続プロジェクトのディレクターも務めている。アジア再接続プロジェクトは、中国の「一帯一路（BRI）」を追跡する最大のオープンソースデータベースである。ヒルマンは米通商代表部の政策顧問を務めた経歴を持つ。同政策顧問として、2015年米国国家安全保障戦略や大統領の貿易アジェンダの策定に貢献し、米国の貿易投資政策を説明するエッセイやスピーチなどの調査執筆を指揮した。初の著書は、「皇帝の新しい道：中国と世紀最大のプロジェクト」（イエール大学プレス、2020年）である。

Endnotes

- 1 Dwayne Winseck, “The Geopolitical Economy of the Global Internet Infrastructure,” *Journal of Information Policy* 7 (2017): 17–18, doi:10.5325/jinfopoli.7.2017.0228; and Tim Stronge, “Does 70% of the World’s Internet Traffic Flow through Virginia?,” TeleGeography Blog, May 2019, <https://blog.telegeography.com/does-70-of-the-worlds-internet-traffic-flow-through-virginia>.
- 2 Exact figures are elusive, given challenges in measuring data flows, but estimates frequently range from 90 to 99 percent.
- 3 “Submarine Cable Frequently Asked Questions,” TeleGeography, <https://www2.telegeography.com/submarine-cable-faqs-frequently-asked-questions>.
- 4 Jeff Hecht, “Submarine Cable Goes for Record: 144,000 Gigabits From Hong Kong to L.A. in 1 Second,” IEEE Spectrum, January 3, 2018, <https://spectrum.ieee.org/telecom/internet/submarine-cable-goes-for-record-144000-gigabits-from-hong-kong-to-la-in-1-second>.
- 5 “Submarine Telecoms Industry Report 2020/2021 Edition,” Submarine Telecoms Forum, October 23, 2020, <https://subtelforum.com/products/submarine-telecoms-industry-report/>.
- 6 Cyrus Farivar and Nathan Witkop, “Japan’s communications network weathers quake largely intact,” DW, March 18, 2011, <https://www.dw.com/en/japans-communications-network-weathers-quake-largely-intact/a-14922121>.
- 7 “ICPC Calls on Governments and Industry to Facilitate and Expedite Submarine Cable Installation and Repair During the COVID-19 Pandemic in Order to Protect Internet Connectivity and Critical Communications,” Submarine Telecoms Forum, April 3, 2020, <https://subtelforum.com/icpc-international-call-to-action-for-covid-19/>.
- 8 “Submarine Cable Landing Licenses,” Federal Communications Commission, <https://www.fcc.gov/research-reports/guides/submarine-cable-landing-licenses>.
- 9 “Pending Submarine Cable Applications,” Federal Communications Commission, <https://www.fcc.gov/pending-submarine-cable-applications>.
- 10 Brian Weimer, Drew Svor, and Amanda Witt, “Formalizing Team Telecom,” FCC Law Blog, October 20, 2020, <https://www.fcclawblog.com/2020/10/articles/fcc/formalizing-team-telecom/>; and Michele Farquhar et al., “Executive Order Creates Committee to Replace ‘Team Telecom’ Review of Foreign Telecom Investments,” Hogan Lovells, April 14, 2020, <https://www.hlregulation.com/2020/04/14/executive-order-creates-committee-to-replace-team-telecom-review-of-foreign-telecom-investments/>.
- 11 For Singapore review times, see: “Guidelines on Deployment of Submarine Cables into Singapore,” Infocomm Media Development Authority, October 2016, <https://www.imda.gov.sg/-/media/imda/files/regulation-licensing-and-consultations/codes-of-practice-and-guidelines/subcablelanding.pdf?la=en>.
- 12 Ronnie Lim, “Importance of Permit Acquisition for Building Submarine Cables,” (paper presented in Paris, France, April 22–25, 2013), https://www.suboptic.org/wp-content/uploads/2014/10/WE2A-4-Oral_142.pdf.
- 13 Bryon Clatterbuck, “The Future of Subsea Cable Connectivity,” Submarine Cable Networks, December 13, 2019, <https://www.submarinenetworks.com/en/insights/the-future-of-subsea-cable-connectivity-in-africa>.

- 14 Alex Vaxmonsky, “New Subsea Cable Architectures Are Carrying the World’s Traffic,” Equinix, March 16, 2020, <https://blog.equinix.com/blog/2020/03/16/new-subsea-cable-architectures-are-carrying-the-worlds-traffic/>.
- 15 Rebecca Spence, “Where in the World are Those Pesky Cable Ships?,” *Submarine Telecoms Magazine* 15 (November 2020): 14–15, https://issuu.com/subtelforum/docs/subtel_forum_115/14.
- 16 L. Carter et al., *Submarine Cables and the Oceans - Connecting the World* (Cambridge, UK: UNEP World Conservation Monitoring Centre, 2009), UNEP-WCMC Biodiversity Series no. 31, <https://www.iscpc.org/documents/?id=132>.
- 17 “Zone to protect Sydney submarine cables,” Australian Communications and Media Authority, <http://www.ultra-map.org/news/the-various-threats-to-subsea-cables>.
- 18 Communications Security, Reliability, and Interoperability Council, *Final Report – Protection of Submarine Cables Through Spatial Separation* (Washington, DC: Federal Communications Council, December 2014), 45, https://transition.fcc.gov/pshs/advisory/csric4/CSRIC_IV_WG8_Report1_3Dec2014.pdf.
- 19 “Vietnamese fishermen ‘salvage’ Internet lines,” Reuters, June 7, 2007, <https://www.reuters.com/article/us-vietnam-cable/vietnamese-fishermen-salvage-internet-lines-idUSHAN1727620070607>.
- 20 Bryan Clark, “Undersea cables and the future of submarine competition,” *Bulletin of the Atomic Scientists* 72, no. 4 (June 2016): 234–237, doi:10.1080/00963402.2016.1195636.
- 21 Alison Diana, “Cyber Subterfuge and Curious Sharks Threaten the World’s Subsea Fiber-Optic Cables,” Dark Reading, May 7, 2020, <https://www.darkreading.com/theedge/cyber-subterfuge-and-curious-sharks-threaten-the-worlds-subsea-fiber-optic-cables--/b/d-id/1337746>.
- 22 David E. Sanger and Eric Schmitt, “Russian Ships Near Data Cables Are Too Close for U.S. Comfort,” *New York Times*, October 2015, <https://www.nytimes.com/2015/10/26/world/europe/russian-presence-near-undersea-cables-concerns-us.html>.
- 23 Max Smolaks, “Somalia is losing millions due to damaged network cable,” Data Center Dynamics, July 13, 2017, <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/somalia-is-losing-millions-due-to-damaged-network-cable/>.
- 24 A 2002 study, for example, found that subsea cables contributed approximately \$5 billion to Australia’s economy, or roughly 1.25 percent of GDP. A more recent study of Malaysia estimated that subsea cables added 6.9 percent to its GDP. See also: Alan C. O’Connor et al., “Economic Impacts of Submarine Fiber Optic Cables and Broadband Connectivity in Malaysia,” RTI International, September 2020, <https://www.rti.org/publication/economic-impacts-submarine-fiber-optic-cables-and-broadband-connectivity-malaysia/fulltext.pdf>; and David Abecassis et al., “Economic impact of Google’s APAC network infrastructure,” analysis mason, September 24, 2020, <https://www.analysismason.com/consulting-redirect/reports/impact-of-google-network-APAC-2020/>.
- 25 Jonas Hjort and Jonas Poulsen, “The Arrival of Fast Internet and Employment in Africa,” *American Economic Review* 109, no. 3 (March 2019): 1032–79, doi:10.1257/aer.20161385.
- 26 Christine Zhen-Wei Qiang, Carlo M. Rossotto, and Kaoru Kimura, “Economic Impacts of Broadband,” in *Information and Communications for Development: Extending Reach and Increasing Impact* (Washington, DC: World Bank, 2009): 45, <http://documents1.worldbank.org/curated/en/645821468337815208/pdf/487910PUB0EPI1101Official0Use0Only1.pdf>.
- 27 “Industries at a Glance,” U.S. Bureau of Labor Statistics, <https://www.bls.gov/iag/tgs/iag52.htm>; and “Financial Services Spotlight,” Select USA, <https://www.selectusa.gov/financial-services-industry-united-states>.

- 28 David H. Small and Tillena Clark, “Federal Reserve Board Oral History Project: Interview with Stephen R. Malphrus,” Federal Reserve, 18, <https://www.federalreserve.gov/aboutthefed/files/stephen-r-malphrus-interview-20130521.pdf>.
- 29 “A Look at American Digital Exports,” Internet Association, January 2019, <https://internetassociation.org/publications/a-look-at-american-digital-exports/>.
- 30 “Number of active Etsy sellers from 2012 to 2019,” Statista, March 2020, <https://www.statista.com/statistics/409374/etsy-active-sellers>.
- 31 “Data Centers: Jobs and Opportunities in Communities Nationwide,” U.S. Chamber of Commerce TechnologyEngagement Center, June 2017, https://www.uschamber.com/sites/default/files/ctec_datacenterrpt_lowres.pdf.
- 32 “Submarine Cables Market Size, Share & Trends Analysis Report By Application, By Voltage, By End User, By Component, By Offerings, By Region, And Segment Forecasts, 2020 – 2027,” Grand View Research, July 2020, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/submarine-cables-market>.
- 33 “Submarine Cable Engineer Salary,” Economic Research Institute, November 2020, <https://www.eriesi.com/salary/job/submarine-cable-engineer/united-states>.
- 34 “The economic impact of subsea cables in Africa,” Facebook Engineering, November 19, 2020, <https://engineering.fb.com/2020/11/19/connectivity/subsea-cables/>.
- 35 World Bank, *Pacific Possible: Long-term Economic Opportunities and Challenges for Pacific Island Countries* (Washington, DC: World Bank, 2017), <http://documents1.worldbank.org/curated/en/168951503668157320/pdf/ACS22308-PUBLIC-P154324-ADD-SERIES-PPFullReportFINALscreen.pdf>.
- 36 Irene S. Wu, “Measuring Soft Power with Conventional and Unconventional Data,” National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_179613.pdf.
- 37 Jonathan McClory et al., *The Soft Power 30* (Portland, WA: Portland, Consulting Group, Facebook, and USC Center on Public Diplomacy, 2019), <https://softpower30.com/wp-content/uploads/2019/10/The-Soft-Power-30-Report-2019-1.pdf>.
- 38 White House, National Security Strategy of the United States of America (Washington, DC: White House, 2017), <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2017/12/NSS-Final-12-18-2017-0905-2.pdf>.
- 39 The White House, *National Security Strategy* (Washington, DC: February 2015), 21, https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/docs/2015_national_security_strategy_2.pdf.
- 40 Michael Sechrist, *Cyberspace in Deep Water: Protecting Undersea Communications Cables by Creating an International Public-Private Partnership* (Cambridge, MA: Harvard Kennedy School, March 2010), https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/PAE_final_draft_-_043010.pdf.
- 41 Ibid.
- 42 Winseck, “The Geopolitical Economy of the Global Internet Infrastructure.”
- 43 Stronge, “Does 70% of the World’s Internet Traffic Flow through Virginia?”
- 44 “Internet Users in the World by Regions – March 2019,” Internet World Stats, December 31, 2018, <https://web.archive.org/web/20190320212642/https://www.internetworldstats.com/stats.htm>.

- 45 UNCTAD, *Digital Economy Report 2019* (Geneva: 2019), 12, https://unctad.org/system/files/official-document/der2019_en.pdf.
- 46 Brodsky et al., *The State of the Network*, 8.
- 47 Neil Munshi, “Africa’s cloud computing boom creates data center gold rush,” *Financial Times*, March 2, 2020, <https://www.ft.com/content/402a18c8-5a32-11ea-abe5-8e03987b7b20>.
- 48 “Submarine Cables in Africa,” Submarine Cables, <https://www.submarinenetworks.com/en/africa>.
- 49 “Four reasons why Chile is becoming Latin America’s data center hub,” Invest Chile, October 16, 2019, <https://blog.investchile.gob.cl/four-reasons-why-chile-is-becoming-latin-americas-data-center-hub>.
- 50 “Government chooses route through New Zealand and to Australia to implement the transoceanic cable,” Government of Chile, Ministry of Transportation and Technology, July 27, 2020, <http://www.mtt.gob.cl/archivos/25891>.
- 51 “EU launches investigation into Chinese optical fibre cable imports,” Reuters, September 24, 2020, <https://www.reuters.com/article/eu-china-digital/eu-launches-investigation-into-chinese-optical-fibre-cable-imports-idUSKCN26F2AB>.
- 52 “Hengtong Marine is on the list of 2018 Suzhou Specialized and New Demonstration Enterprises,” Hengtong Marine, November 2, 2018, <http://cn.hengtongmarine.com/index.php/news/newsInfo/22.html>.
- 53 Jason McGee-Abe, “PCCW Global signs up to expand PEACE cable to southern African,” Capacity, January 20, 2020, <https://www.capacitymedia.com/articles/3824785/pccw-global-signs-up-to-extend-peace-cable-to-southern-africa>.
- 54 “Unofficial USCBC Chart of Localization Targets by Sector Set in the MIIT Made in China 2025 Key Technology Roadmap,” U.S.-China Business Council, <https://www.uschina.org/sites/default/files/2-2-16%20Sector%20and%20Localization%20Targets%20for%20Made%20in%20China%202025.pdf>.
- 55 “Team Telecom Recommends that the FCC Deny Pacific Light Cable Network System’s Hong Kong Undersea Cable Connection to the United States,” U.S. Department of Justice, June 17, 2020, <https://www.justice.gov/opa/pr/team-telecom-recommends-fcc-deny-pacific-light-cable-network-system-s-hong-kong-undersea>.
- 56 “The Clean Network,” U.S. Department of State, <https://www.state.gov/the-clean-network/>.
- 57 “Public Information Summary: Trans-Pacific Networks,” U.S. Development Finance Corporation, <https://www.dfc.gov/sites/default/files/media/documents/9000093543.pdf>; and Yohei Hirose, “Japan, US and Australia to finance undersea cable for Palau,” *Nikkei Asian Review*, October 28, 2020, <https://asia.nikkei.com/Politics/International-relations/Japan-US-and-Australia-to-finance-undersea-cable-for-Palau>.

COVER PHOTO ADOBE STOCK; GREG MAHLKNECHT



1616 Rhode Island Avenue NW
Washington, DC 20036
202 887 0200 | www.csis.org