

**Question on May 14**

1. デジタル小包は物流システムに対応し、その仕組みおよび機能性に感動した。しかし、「人」も「デジタルの小包」と同じだという議論にはピンとこなかった。

**→いろいろな乗り物に乗れて/乗り換えて、いろいろな荷物を運べますね。**

**→行先の情報あれば、最適経路で行先までトラベルする。**

2. 光の速度は私たちが望むクオリティを実現させるには不十分であるため、ProxyやOverlayといった工夫がされていることが分かった。

**→ Overlayは、光の速度の制限(遅い!)の改善ではないけどね。**

3. ゲートウェイ装置はビジネス面にしかメリットがないことに驚いた。ゲートウェイの現状（今使われているのか、衰退しているのかなど）に興味を持った。 **→ “短期”ビジネスにメリットあるから。。。**

4. Gatewayを用いたプロトコル変換は非常に非効率であると聞きましたが、従来のシステムとモダンなシステムで相互のやり取りを行う必要性が出てくる技術の過渡期においては、エンドノードの実装だけでは解決できず、Gatewayの役割を持つ中間ノードの設置が避けられない場合もあると思います。その時はどのようにしてこの非効率さを緩和、回避しているのかを具体的に教えていただきたいです。 **→ Overlayですね。 Tunneling。**

5. 保証型サービスも実質的にはベストエフォートだという話がありましたが、自動運転や遠隔医療といった絶対的なリアルタイム性・安全性が求められる分野においては、現在のインターネットアーキテクチャで対応可能なのでしょうか？

→ 所詮は **ベストエフォート**。**セキュリティー**での話 = **完全は存在しない**。

6. ネットワークシステムは階層化とモジュール化により実装や改善のコストを抑えているのだとわかりました。会社などの組織運営にもこの階層化とモジュール化の概念があることで、効率的な人事やコミュニケーションが可能になっているのかと気づき、目から鱗でした。他にも階層化とモジュール化により効率化されているシステムを探してみたいです。

7. ネットワーク設定L3や、ケーブルL1が問題ないのに、特定のサイトL7が開けないときはブラウザのプロキシ設定以外に考えられる問題点はどこですか？ → **垂直(上下)と水平でのプロトコル**

8. 海底に引いてある光ファイバーはかなりの規模だと思うが数年での増加が著しかったので、今後新しい通信方法が生まれたらそれもすぐに普及するような気がした。

→ **そうだねえ。そうなるかな。光ファイバーは安い(安価)なので (笑)**

構築・移動・運用に必要なエネルギー  
= **Energy Productivity**

物流

電流

情流

**M**aterial

**E**lectricity

**D**igital **B**its

(**M**olecule)

(**P**ower/**W**att)

(**D**igital **F**unction)

**x0000**

**:**

**x00**

**:**

**1**

	質量 (g)	質量比	
<b>モノ(荷物)</b>	陽子/中性子	$1.673 \times 10^{-24}$	1,840 (= $1.8 \times 10^{-3}$ )
<b>電力</b>	電子	$9.109 \times 10^{-28}$	1
<b>ビット(通信)</b>	光子	$0 < m < 2 \times 10^{-51}$	$> 2.198 \times 10^{-24}$

	速度 (Km/h)	速度 (m/sec)	速度比
<b>モノ(荷物)</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>1</b>
電流(電力)	30万 (= $3 \times 10^5$ )	$3 \times 10^8$	3,000万
(電子)	0.0075 mm/sec	$7.5 \times 10^{-5}$	1/750万
電磁波(光子/通信)	30万 (= $3 \times 10^5$ )	$3 \times 10^8$	3,000万
(ガラス中)	20万 (= $2 \times 10^5$ )	$2 \times 10^8$	2,000万

もの(荷物) だけ  
とっても重たいので、



- ① 極端に遅い(低速) 😞
- ② お金がかかる 😞

モノ(荷物)

陽子/中性子

電力

電子

ビット(通信)

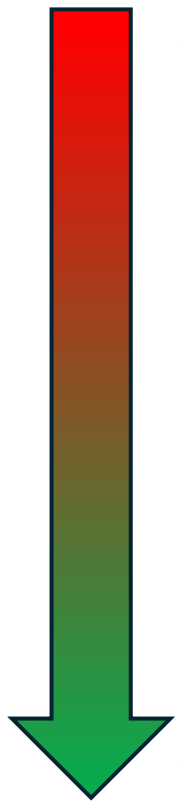
光子

	速度 (Km/h)	速度 (m/sec)	速度比
モノ(荷物)	36	10	1
電流(電力)	30万(=3x10 <sup>5</sup> )	3x10 <sup>8</sup>	3,000万
(電子)	0.0075 mm/sec	7.5x10 <sup>-5</sup>	1/750万
電磁波(光子/通信)	30万(=3x10 <sup>5</sup> )	3x10 <sup>8</sup>	3,000万
(ガラス中)	20万(=2x10 <sup>5</sup> )	2x10 <sup>8</sup>	2,000万

# デジタル/サイバー 前提&完結 へ

過去; 物理(分子)が主役

エネルギー効率

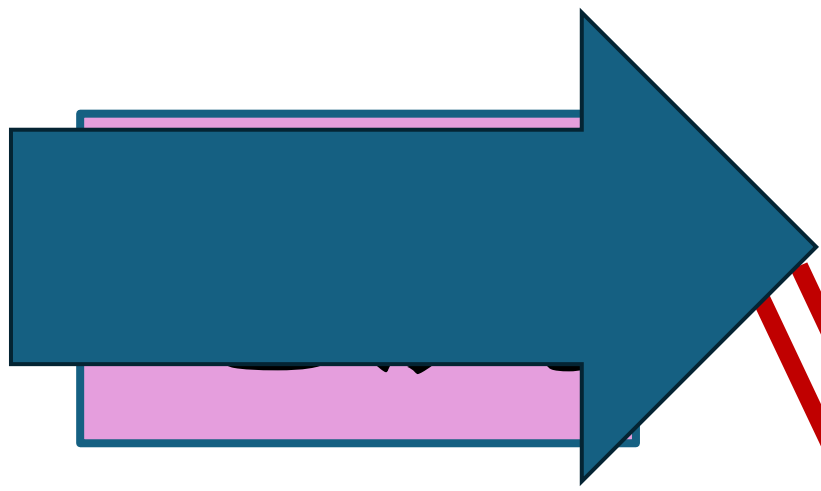


- ❖ 物理(モノ/分子)で完結;  
→ エンジン+シャフト&ベルト が 電線&モータへ
- ❖ 物理前提; データ+コンピュータで物理を最適化
- ❖ デジタル前提;
  - ① ビット(コンピュータ)で設計
  - ② 物理(モノ/分子)をビット(光子/電子)で代替
- ❖ デジタル完結;

未来; デジタル/サイバー

移動・建築・維持に必要なエネルギー

物流



情流

**M**aterial

(**M**olecular)

**E**lectricity

(**P**ower/**W**att)

**D**igital bits

(**D**igital **F**unction)

**x0000**

**:**

**x00**

**:**

**1**

# “物流”の大革命

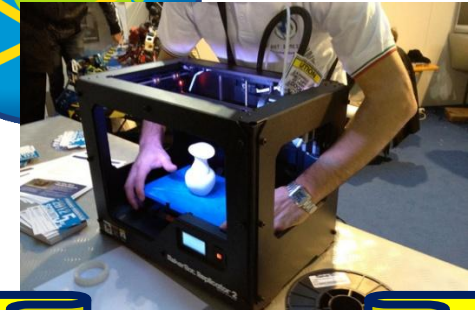
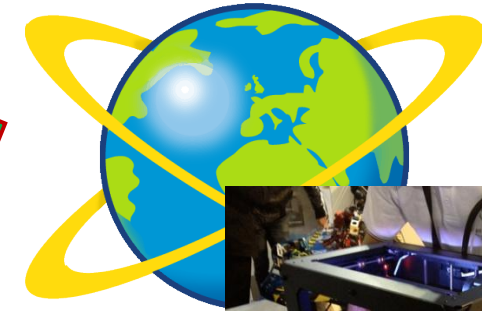
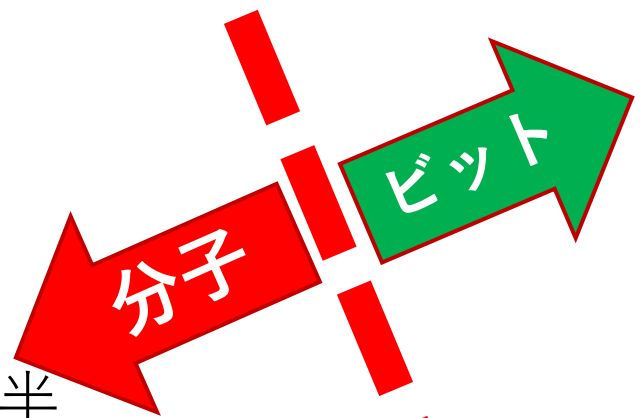
2020s = Cyber-First Sharing Economy

19世紀以前 = 排他的個別網



コンテナ  
パレット  
(1956年)

20世紀後半  
(1) 物理的Sharing Economy



生産の大革命

20世紀終盤  
(2) Cyber空間での  
Sharing Economy

デジタル小包  
(=IP Packet)

# “物流”の大革命

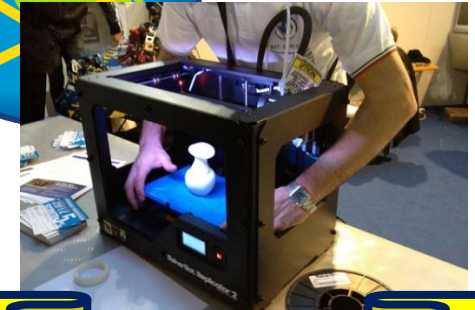
Cyber-First Sharing Economy

19世紀以前 = 排他

シェアリングエコノミー

1. 物理領域
2. サイバー領域

「モノ」の移動を激減



生産の大革命



コンテナ  
パレット  
(1956年)

「モノ」⇒「コト」  
SDGs への 大貢献  
{廃棄物・エネルギー}

間での  
Economy

包

重要で明白な江崎の観察  
～ AI による 新しい投資者 ～

- データセンターへの投資規模が、**2桁程度**大きくなった！！！！



- 大きなお金を持った **新しい投資プレイヤー** (e.g., ファンド、不動産) が Data Centerの産業に参入



- インフラの構成要素の **コスト感覚** が **劇的に変化**しているようです。

### (3) データセンター／海底ケーブル等

11

#### 整備方針

#### 1 データセンター

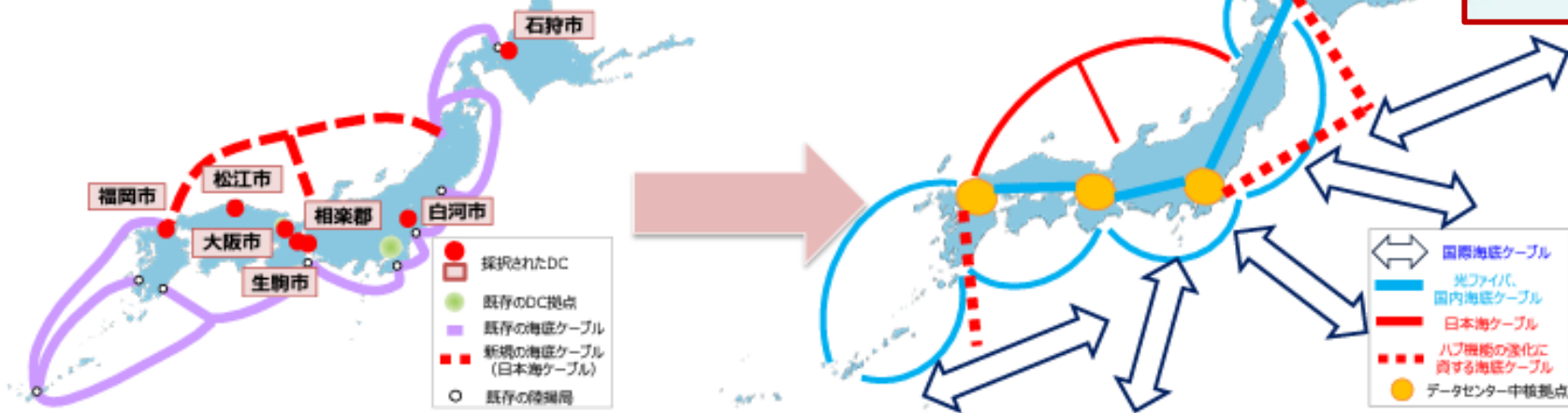
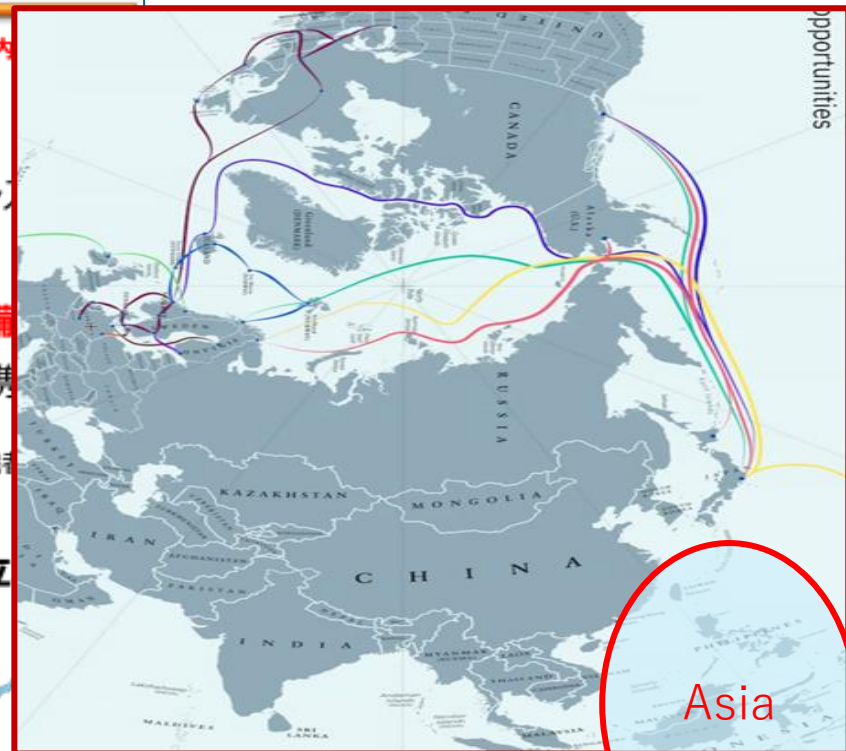
- 経済産業省と連携し、地域を分散して**10数カ所の地方拠点を5年程度で整備**。地方拠点は、レジリエンス向上、再生可能エネルギー等の効率的活用、通信ネットワーク等の効率化の3点を勘案して整備
- 当面は、北海道や九州のようなエリアにおいて、**東京・大阪を補完・代替する第3・第4の中核拠点の整備**
- 有識者会合※の議論等を踏まえ、**グリーン化**に向けた取組やMEC（モバイルエッジコンピューティング）との連携を視野しつつ、関係省庁と連携し、**更なる分散立地の在り方や拠点整備等に必要な支援**を検討

※ デジタルインフラ（DC等）整備に関する有識者会議

#### 2 海底ケーブル等

- **2026年度中に日本周回ケーブル（デジタル田園都市スーパーハイウェイ）を運用開始、陸揚局を分散立地**
- **国際的なデータ流通のハブとしての機能強化**に向けた取組を促進
- 国際海底ケーブルや陸揚局の**安全対策を強化**

※ 主な改訂内



not only 国内  
but also 地球

整備方針

1 データセンター

- 経済産業省  
再生可能エネルギー
- 当面は、北
- 有識者会  
視しつつ、目

2 海底ケーブル

- 2026年度
- 国際的な
- 国際海底

相対的に、{海底}通信ケーブルは  
**安い買い物(投資)**になってしまった？



**安い通信ケーブルで、遠くの場所を繋  
げば、仮想的なエネルギー連携ネット  
ワークに with Work Load Shift !**



内  
球

9. 保証モジュールの入れ替えを可能にすることが、なぜ具体的な事業継続性に直結するのでしょうか？ 例えば特定のレイヤの技術が故障したり古くなったりしたときに、他のレイヤに影響を与えずに復旧できるという解釈でよろしいのでしょうか？ → **はい。**

10. OSI参照7レイヤモデルに関して、TCP/IPの4レイヤモデルの話になるとプレゼンテーション層やセッション層の話が出てこなくなることが多いと感じているのですが、OSI参照モデルは有効なのでしょうか？

→ **ほとんど、ISO参照モデルは使われません。**

11. ハードウェア、ソフトウェアのハード/ソフトは物理的な実体の有無を意味すると思うのですが、ハードステート/ソフトステートでは冗長性、安定性を意味しているのですか。

→ **状態の管理です。状態が変化するか？**

12. 階層化のメリットはよく分かりましたが、デメリットは何なのでしょう？ → **Performance は下がります。**

13. P2Pは様々な場面で使われているようですが、Winnyのように問題になることはあるのでしょうか？ → **技術の問題ではない。使われ方。**

14. うとた味こ  
いい新興るこ  
とす、にめ  
るやて系狭  
なけい気を  
に避て電野  
鍵は似り視  
の壊とまて  
め倒どあつ  
たるなはい  
るよ話分と  
すにの自い  
作震出。な  
動地検たが  
もどのじ味  
でけり感興  
時い誤を  
荷すトさが、  
負やツ切たが、  
がれビ大つた。  
「揺たのま  
さでし識し思  
やか用知てと  
にと利や来い  
ふ風を養にた  
やは性教系し  
に造長る気に  
ふ構冗け電う  
「震、おによ  
や免やにのよ  
性、話明い  
長がう発ない  
冗話いながと

→ 柳に風だね。北風と太陽もかなあ(笑)

15. 海底ケーブルは機械を使うと壊れてしまうため人の手で巻いているとこのよう  
とでしたが、これからのような技術ができれば機械化できるのでしょう  
か。 → なかなか難しい。市場も多くないしねえ。

16. よくオンラインゲームをプレイするのですが、P2P方式だとラグがひどく  
なったり、各個人のネット通信速度の影響が大きく反映され、回線落ちが  
多いと言われることがあります。こういったリアルタイムのオンライン  
ゲームではクライアントサーバ方式の方がラグが少なかったり回線の安定  
性が高かったりするのでしょうか。 → 接続線に依存する。

17. また、途中ソフトバンクや楽天の5G回線はちゃんと高速であるとおっ  
しゃっていましたが、docomoも一応5Gに対応しています。これは嘘とい  
うことですか。

→ DoCoMoは、5GのSAを躊躇(NSA)で。

18. 5Gのネットワークの実現が難しいものであったことに驚いた。

→ ①やる気と戦略の問題。②間違った技術プロモーション

19. プロキシ、オーバーレイ、ゲートウェイの部分がよくわからなかったのですがこれらは、実際にネット通信において使われるものなのですか？

→ **たくさんいたるところで使われています。**

20. 技術の構造も研究開発の構造も同じである、という話が印象に残りました。このような構造を考えると他の場面でも類似したものがあるだろうと感じました。

→ **はい。そうです。「イノベーションは模倣から」**

21. プロトコルの階層化によって取り換えが可能になったり分担が可能になったりするという話だが、同様のことがプログラムの設計でも大事であるというように最近感じた。責任分割を明確にすることで将来的な保守がしやすくなり、またデバッグ時の原因特定も容易になるが、どうしても分割しきれない範囲がありうるので、その領域周辺で問題が発生したときにいかに解決するかが重要だと思う。

22. 前回の授業内容の質問なのですが、暗号化と検閲（セキュリティ検査）の両立は、理論ではなく実務上どのように解決されているのかについてお聞きしたいです。→ **難しい課題**

23. 階層化によって機器の取り替えや分担が容易になる一方で、階層間の標準化や互換性維持のために生じる制約や性能面でのトレードオフには具体的にどのようなものがあるのか気になりました。

24. 物流の世界で、人力から自動車、そして飛行機へと輸送手段が進化し、輸送速度が向上してきたのと同じように、通信の世界でも、電気信号から光信号への転換は近いうちには起こるだろうと感じました。光通信やCPO (Co-Packaged Optics) といった技術が注目を集めていますが、電気から光への転換はどのように進んでいくのか気になりました

25. めちゃくちゃ極論を言えば、アウトバウンドの場合は1本しか切れなかったとしても通信ができなくなるかもしれないし、逆にインバウンドの場合は1本しか残らなかったとしても通信が出来るかもしれない、ということだと思うんですが、インバウンドで1本しか残らなかった場合、通信は出来たとしても何かしら他のところで問題は起きたりするのかなと思うのですがその認識であってますか？

**→ 通信容量は小さくなって、混雑は厳しくなるね。**

26. 単純に地震による耐久性が高いほうを使うべきだと思うが、一長一短ありそのようにもいかないのは奥が深い。しかし緊急時に耐久できず壊れてしまうのはかなりのデメリットなのではないかと思った。

**→ Securityで話をした、Resiliencyの問題。予想できない事故への対応。**

27. 信頼とは、という部分について判断が非常に難しい内容だと感じた。仮に政府が信、用できないとした場合何も信用出来なくなるのではないか、頼れるものがないのではないかと思ってしまった。

→ 「信頼できる政府」。。。。

28. インターネットの時代であってても、そのインターネットは海底ケーブルと物理的なケーブルを敷いて通じるという怖いな。インターネットは海底ケーブルと物理的なケーブルを敷いて通じるという怖いな。インターネットは海底ケーブルと物理的なケーブルを敷いて通じるという怖いな。

29. 地震によるケーブルの切断のお話で、安全を考へることは必要だが、{サイバー}セキュリティの制御は、その意味で物理的に分散して設計されるべきか、その境界をどう決定するかを説明してください。 → 一人で作ると大変。複数で協力したら？

30. 分散システムやP2Pネットワークにおいて、「ハードステート」と「ソフトステート」のどちらを採用するかは、可用性・整合性・復旧速度に大きく影響します。大規模なリアルタイム通信システム（例：オンラインゲーム、P2Pファイル共有）を設計した場合、どの情報をハードステートとして永続化すべきか、その境界をどう決定するかを説明してください。

→ 状況に依存します。一般的には ソフトステートが強い。