

# IoTを超えるための動的な戦略 ～多形的なネットワーク論～

2016年3月18日

国際社会経済研究所

名倉 賢

■ インターネットとは、  
オープンでフラットという価値観に支えられた  
世界共通のプラットフォーム

● 自由(オープン)と平等(フラット)という近代の二枚看板

■ しかし、実際には  
オープンだが安全(セキュア)ではない

IoTデバイスへのサイバーアタック／ハッキングの危険性

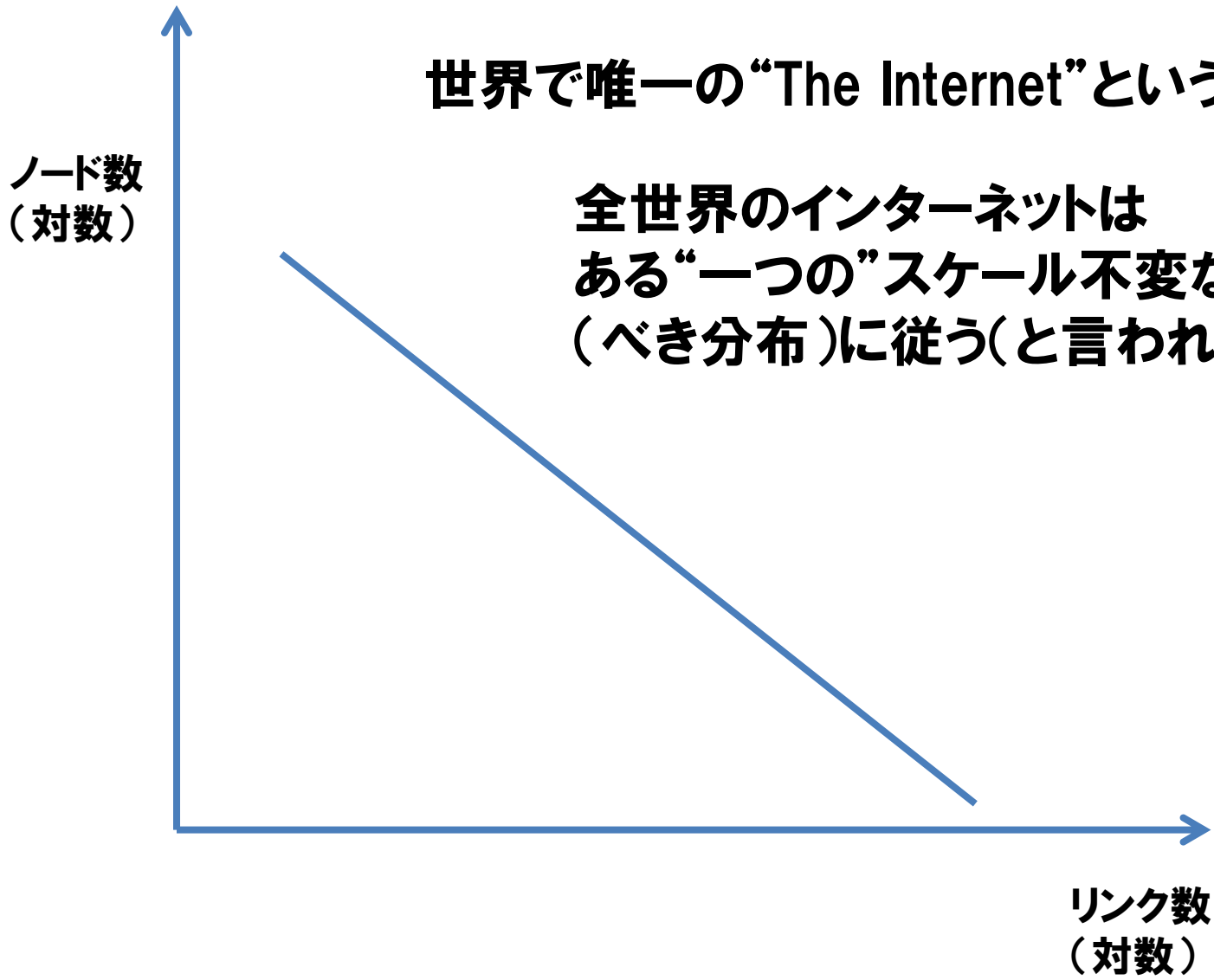
フラット(スケール不変)だが格差はある

スケール不変なネットワークは少数のハブにリンクが集中

# ”The Internet”という世界観

世界で唯一の”The Internet”という世界観

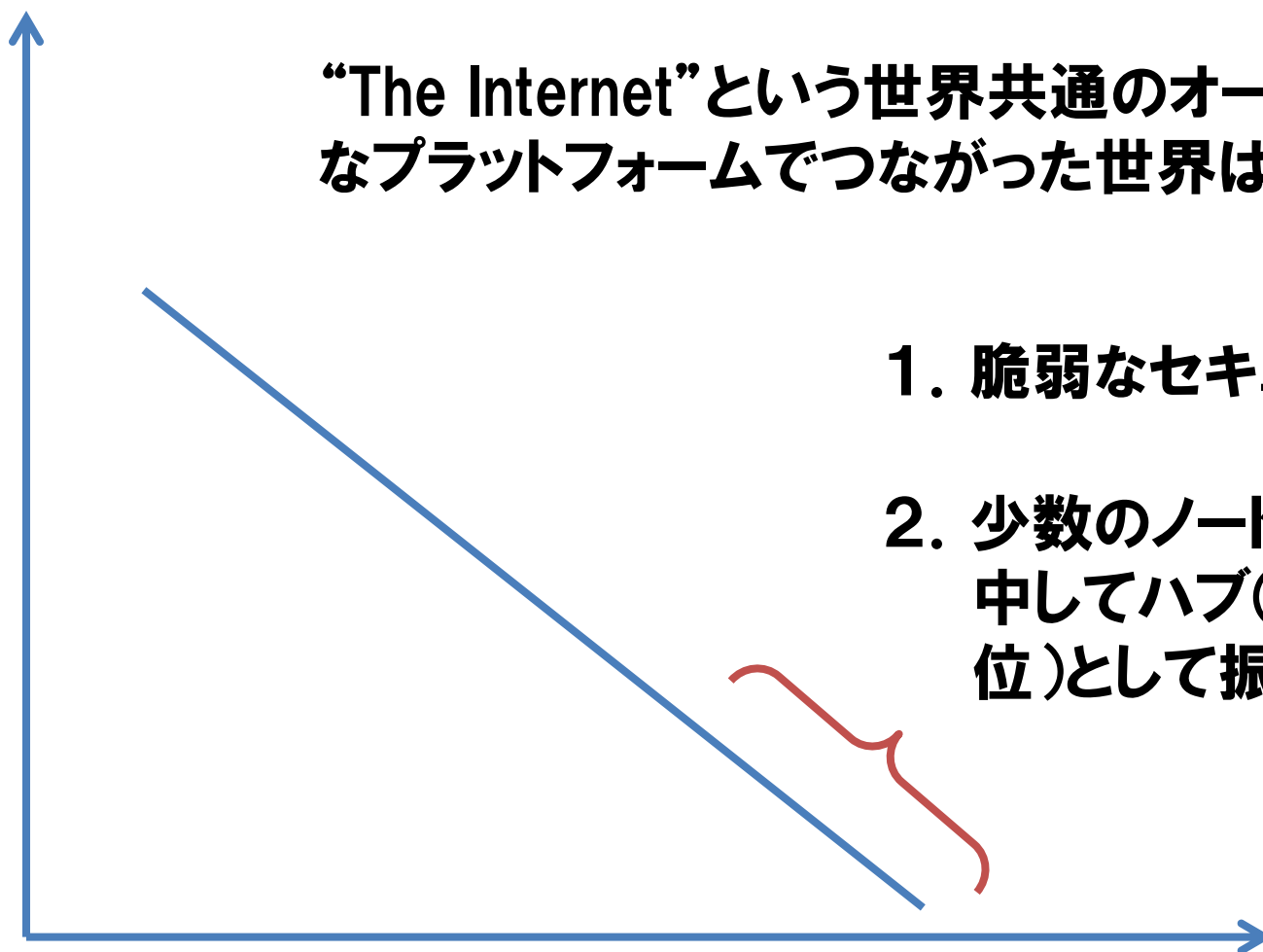
全世界のインターネットは  
ある”一つの”スケール不変な分布  
(べき分布)に従う(と言われる)



# “The Internet”という世界観

“The Internet”という世界共通のオープンでフラットなプラットフォームでつながった世界は、

ノード数  
(対数)

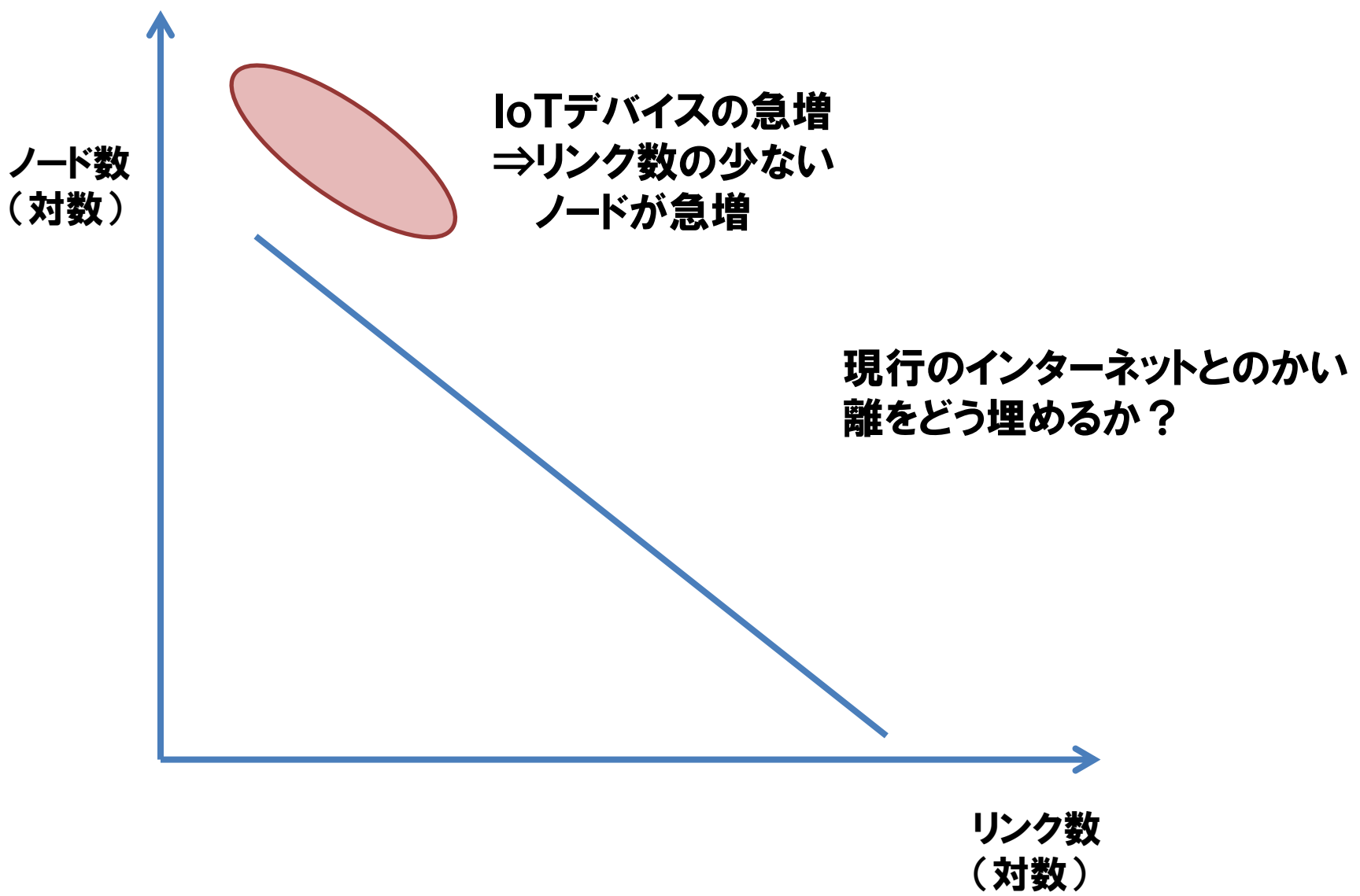


1. 脆弱なセキュリティ

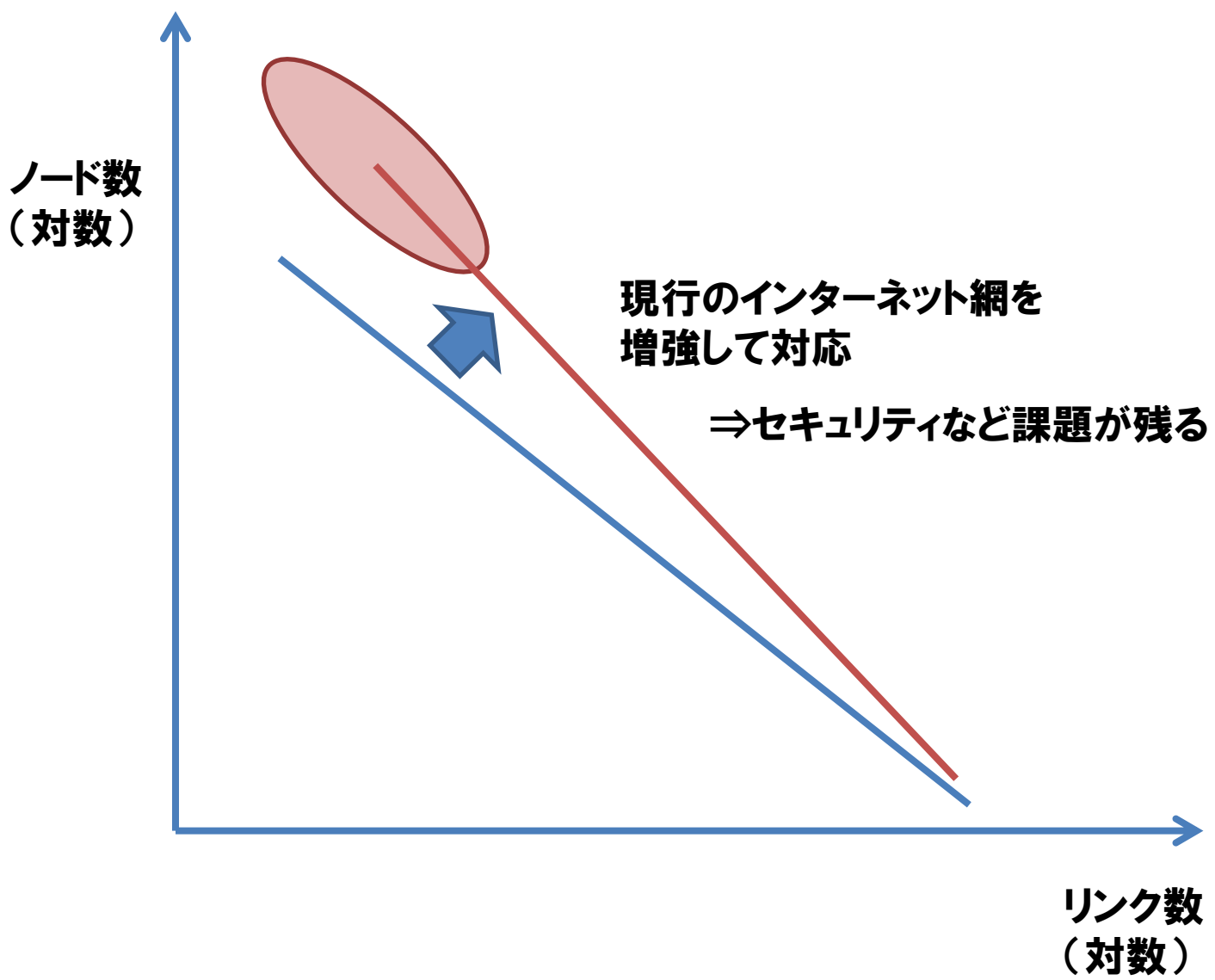
2. 少数のノードにリンクが集中してハブ(=支配的地位)として振る舞う

リンク数  
(対数)

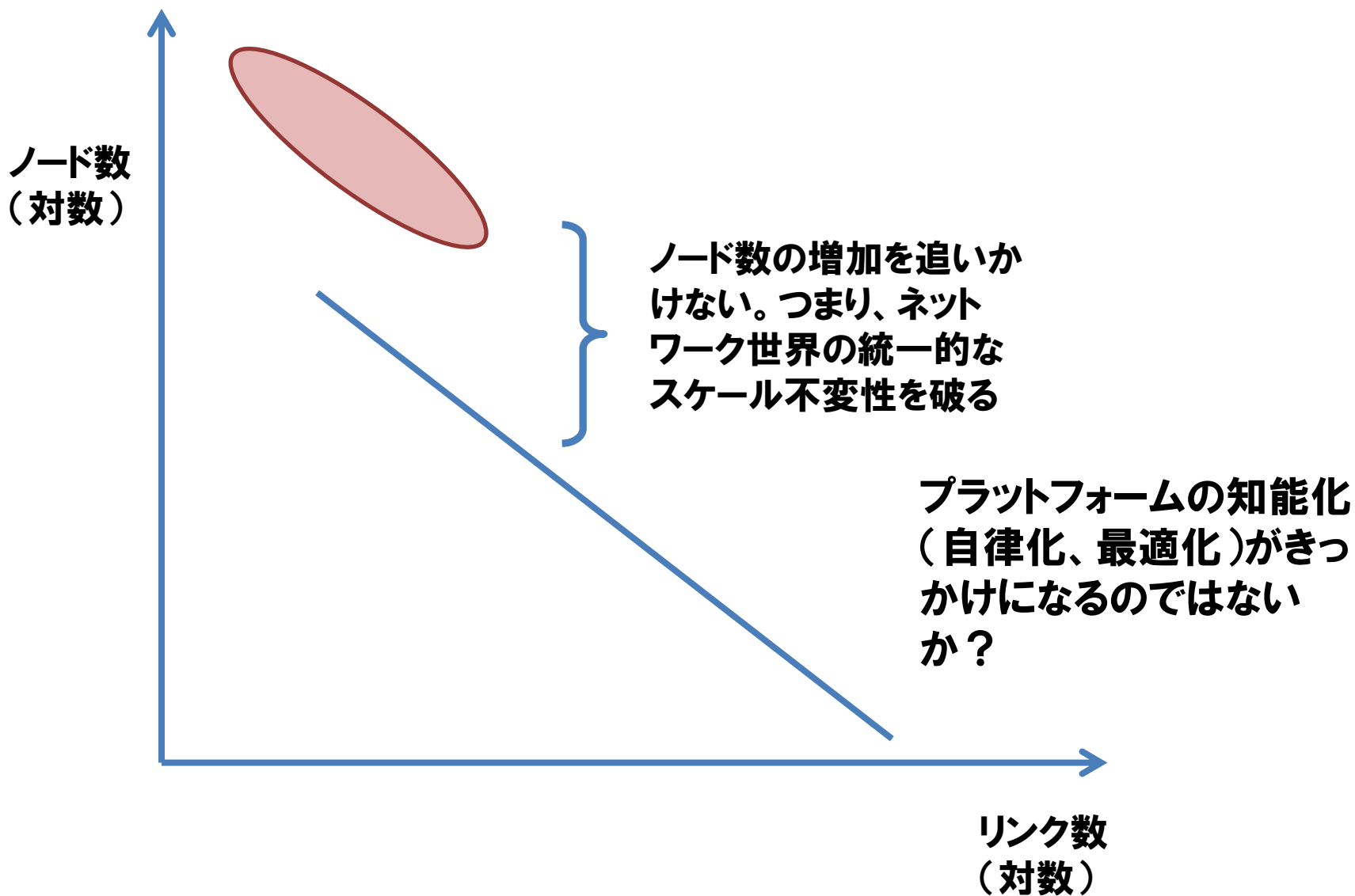
# IoTデバイスの急増にどう対応するか？



# インターネット網を増強する

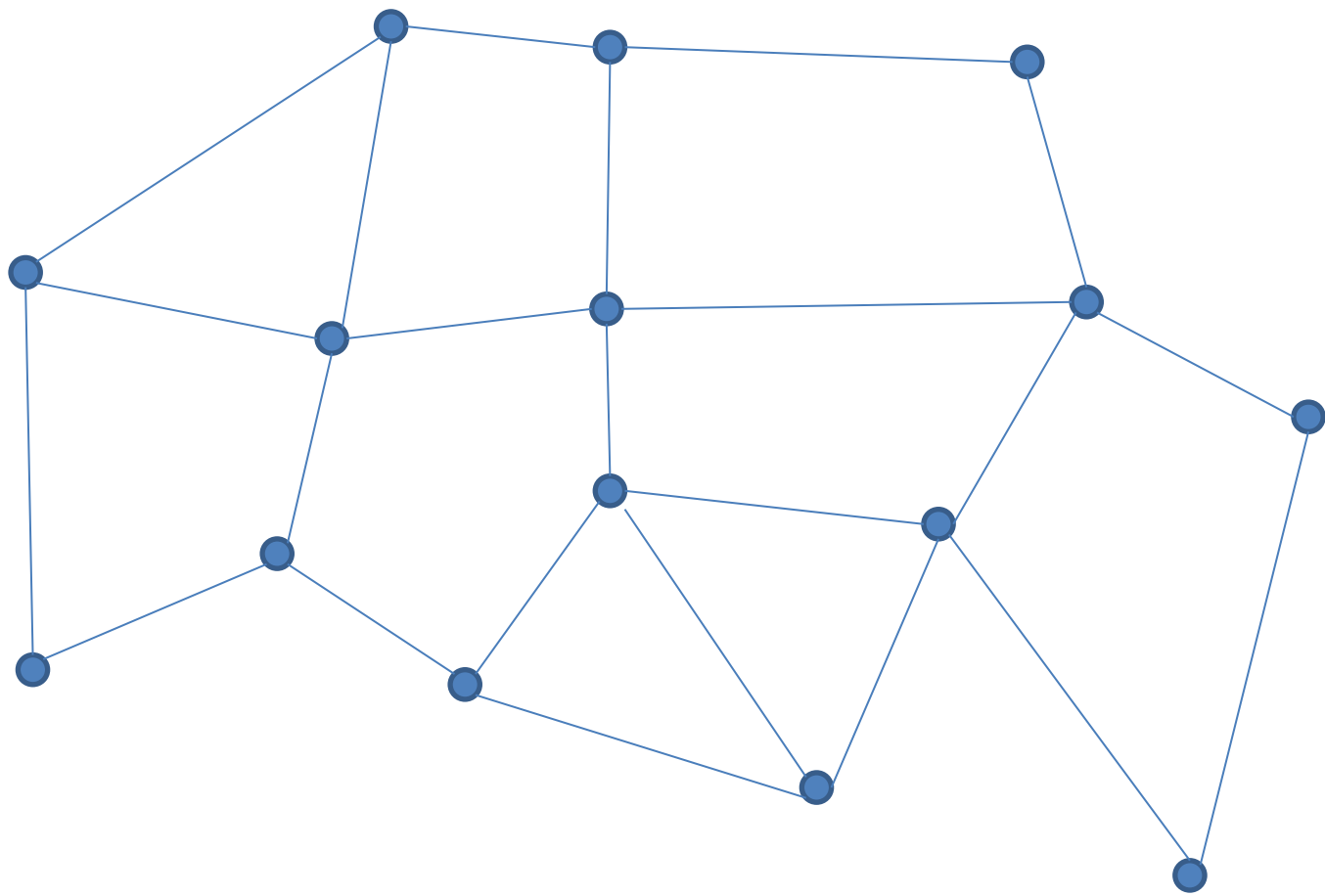


# もう一つの道：“スケール不変”という世界観を破る



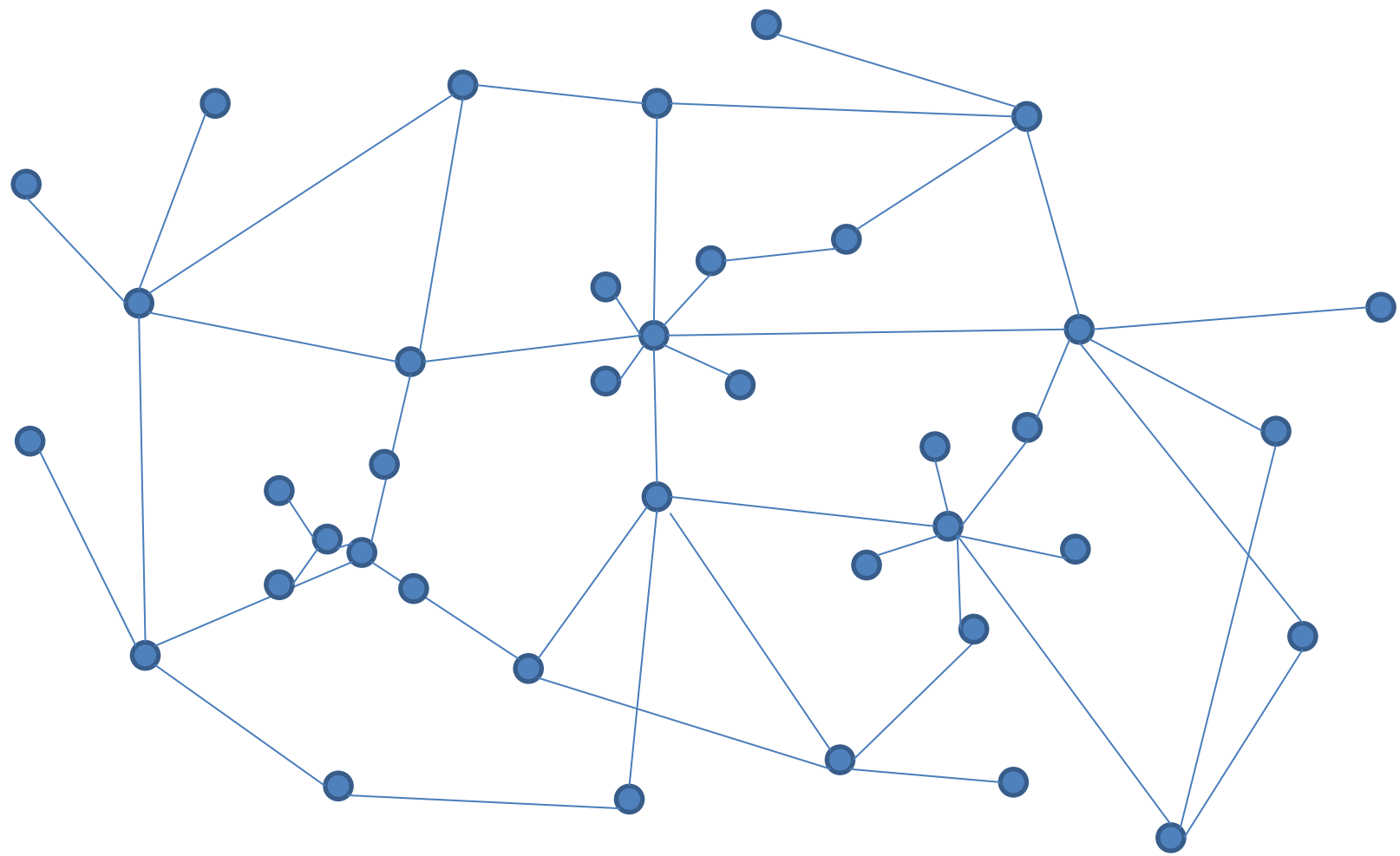
# “グラフ”で模式化してみると

- ノードとリンクで模式化
- 世界で唯一の“The Internet”をイメージ





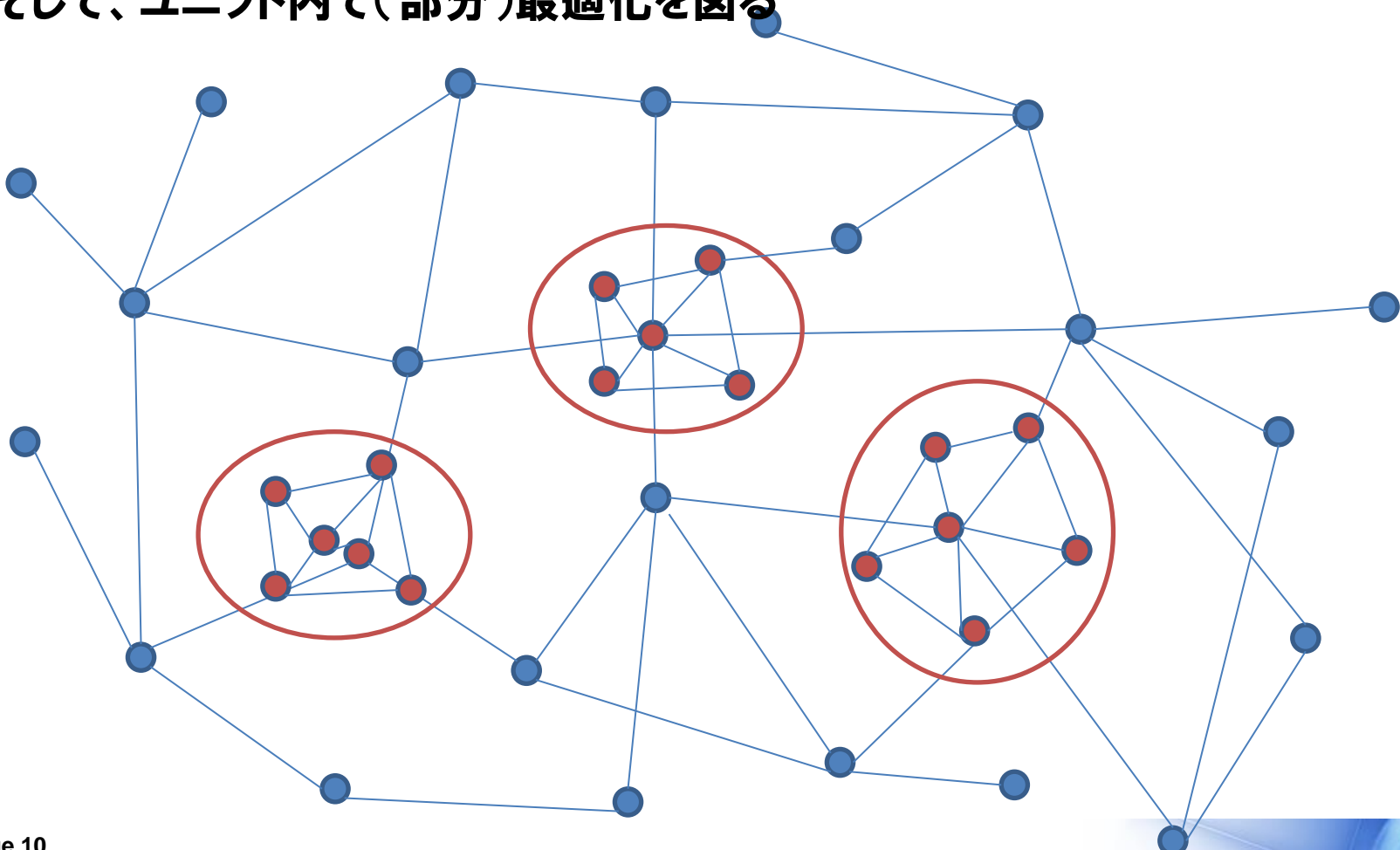
## IoTデバイスの急増



# 知能化で何が起きるか

**NW(プラットフォーム)が知能化すれば、「環境を判断して、自律的にユニットが形成させて、最適化を図る」のではないか？**

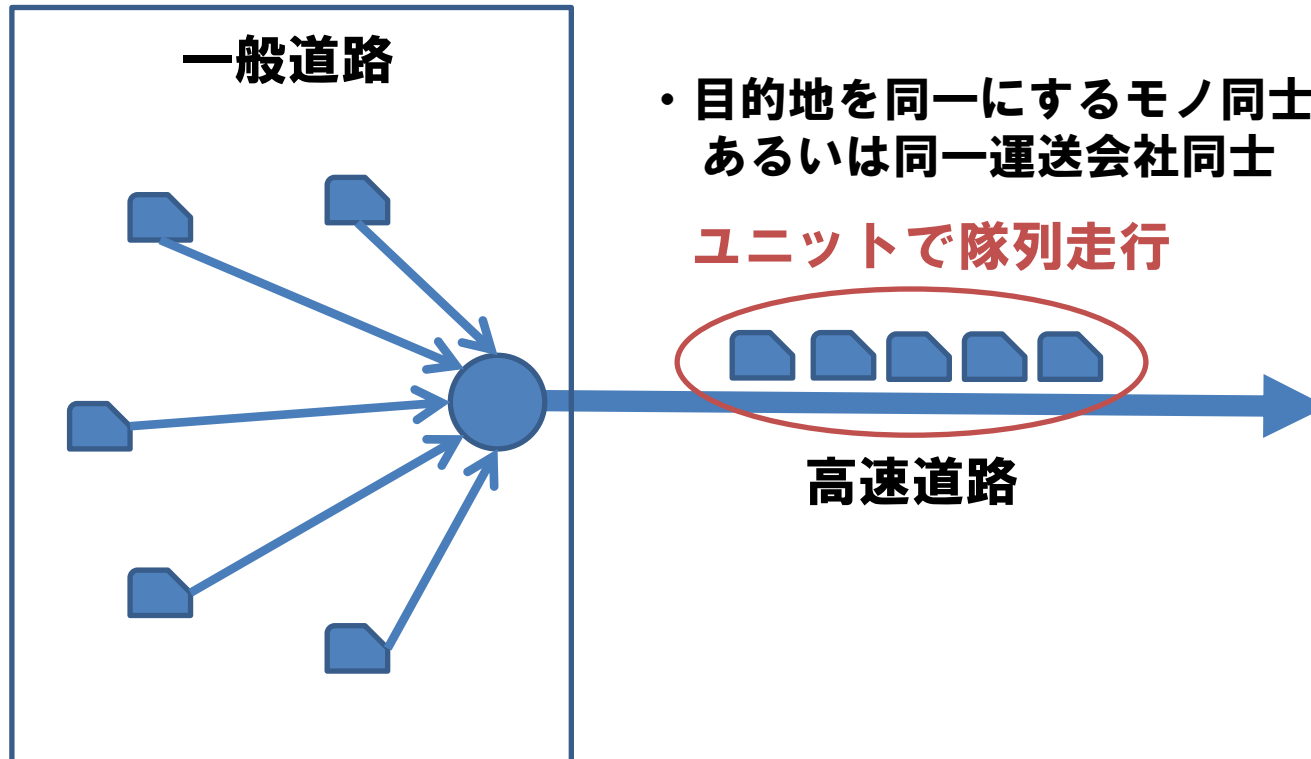
- 緊密なコミュニケーションのやり取りをするモノ同士が「ユニット」を自律的に形成
- そして、ユニット内で(部分)最適化を図る



# 例) トラック隊列運転

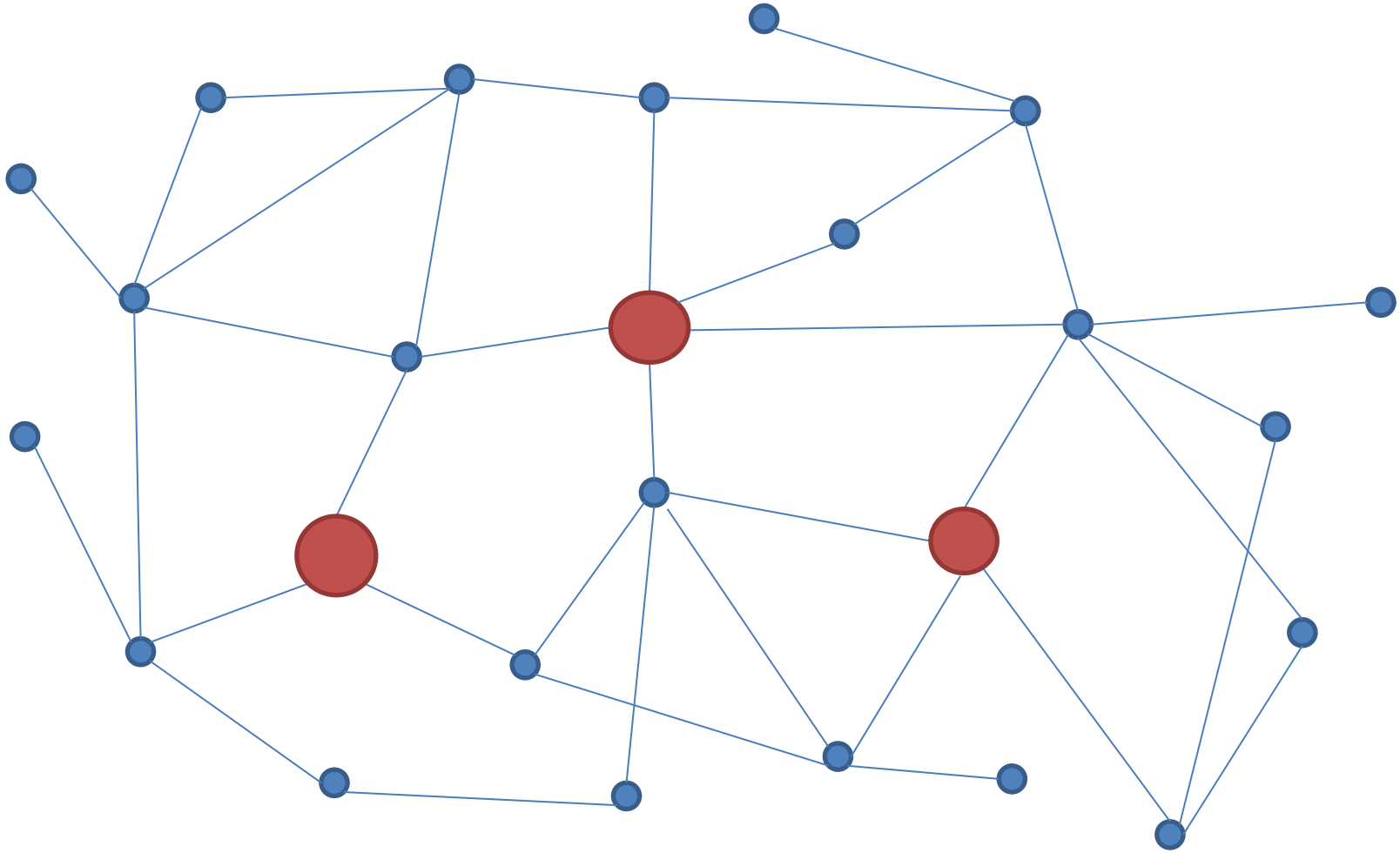
## 近未来の高速道路

- 一般道を単独で走ってきたトラックがインターチェンジで隊列を組む
- いくつかのモノ(ノード)融合して、全体として一つの単位(ユニット)として振る舞う



# 自律的にユニット化、そして最適化

- モノ・システムが知能化によって、自律的にユニット形成する
- ユニット内での最適化がはじまる

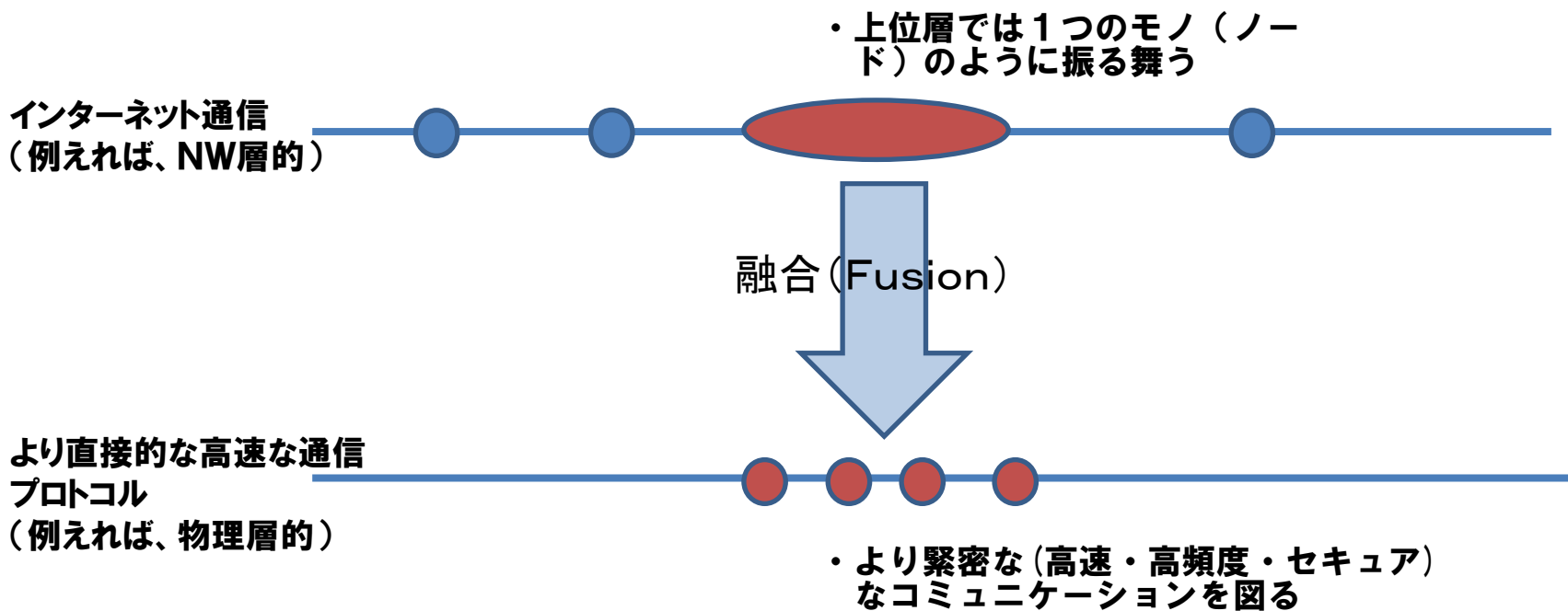


## コミュニケーション・プロトコルの最適化

- ハンドシェイクなど不要なより直接的、高速のプロトコルへ

## ユニットの融合(Fusion)

- プロトコルの変化とユニット内ネットワークの生成

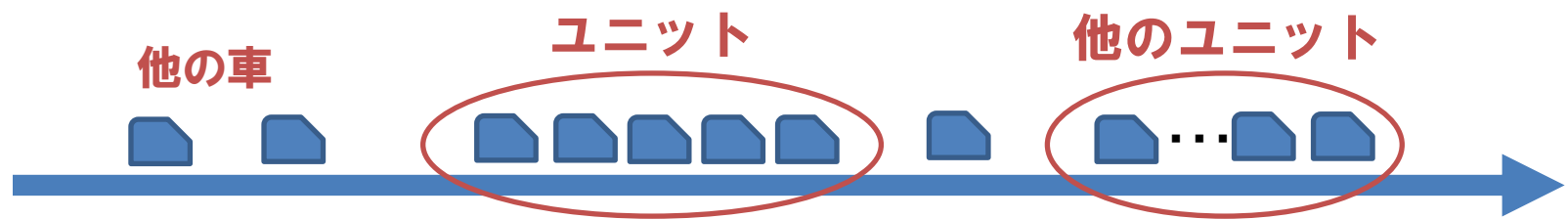


# 例) トラック隊列運転

## 高速道路上での隊列走行

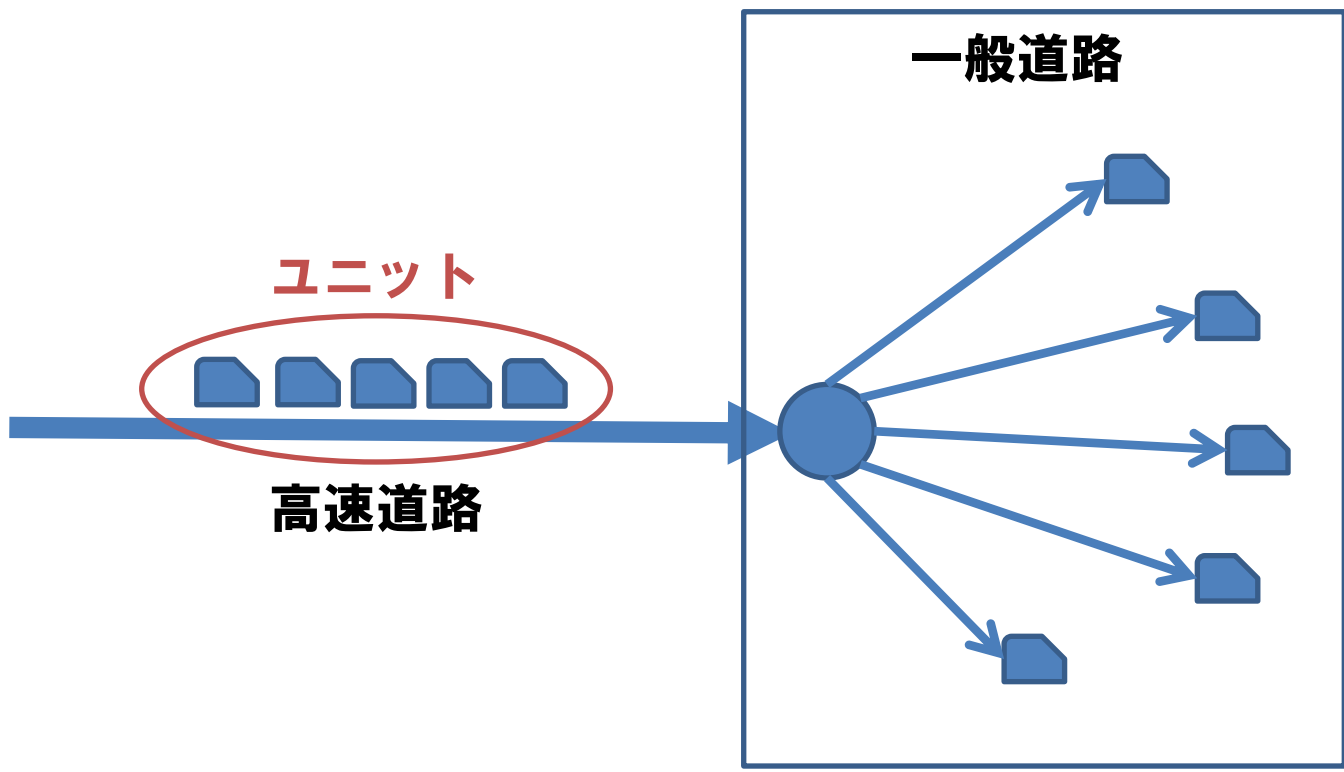
- ユニット内ではより緊密な(高速・高頻度・セキュア)なコミュニケーション(コントロール)が必要に

< 高速道路を走行中 >



# 例) トラック隊列運転

- 高速道路を隊列(ユニット)を組んで走行してきたトラックがインターチェンジで解散して、一般道をバラバラの目的地へ向かって走行する
- 一つとして振る舞っていたモノ(ユニット)が複数のモノ(ノード)に分裂する



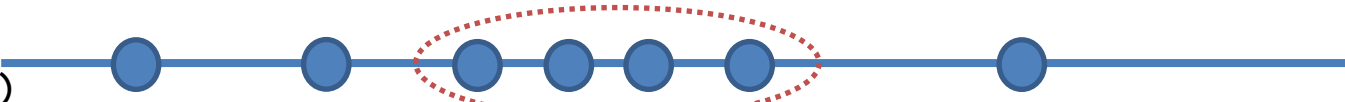
# 役目を終えたユニットは解散へ

## 役割を終えたユニットの一部あるいは全体が解散する

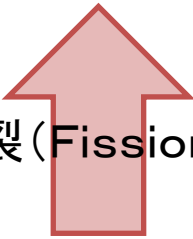
- 内部ネットワークは消滅して、ユニットは複数のノードに分裂(Fission)する

・上位層からみれば、1つのモノが複数に分裂したように振る舞い

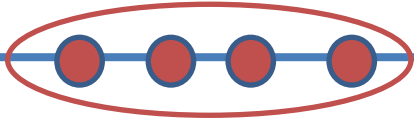
インターネット通信  
(例えば、NW層的)



分裂(Fission)

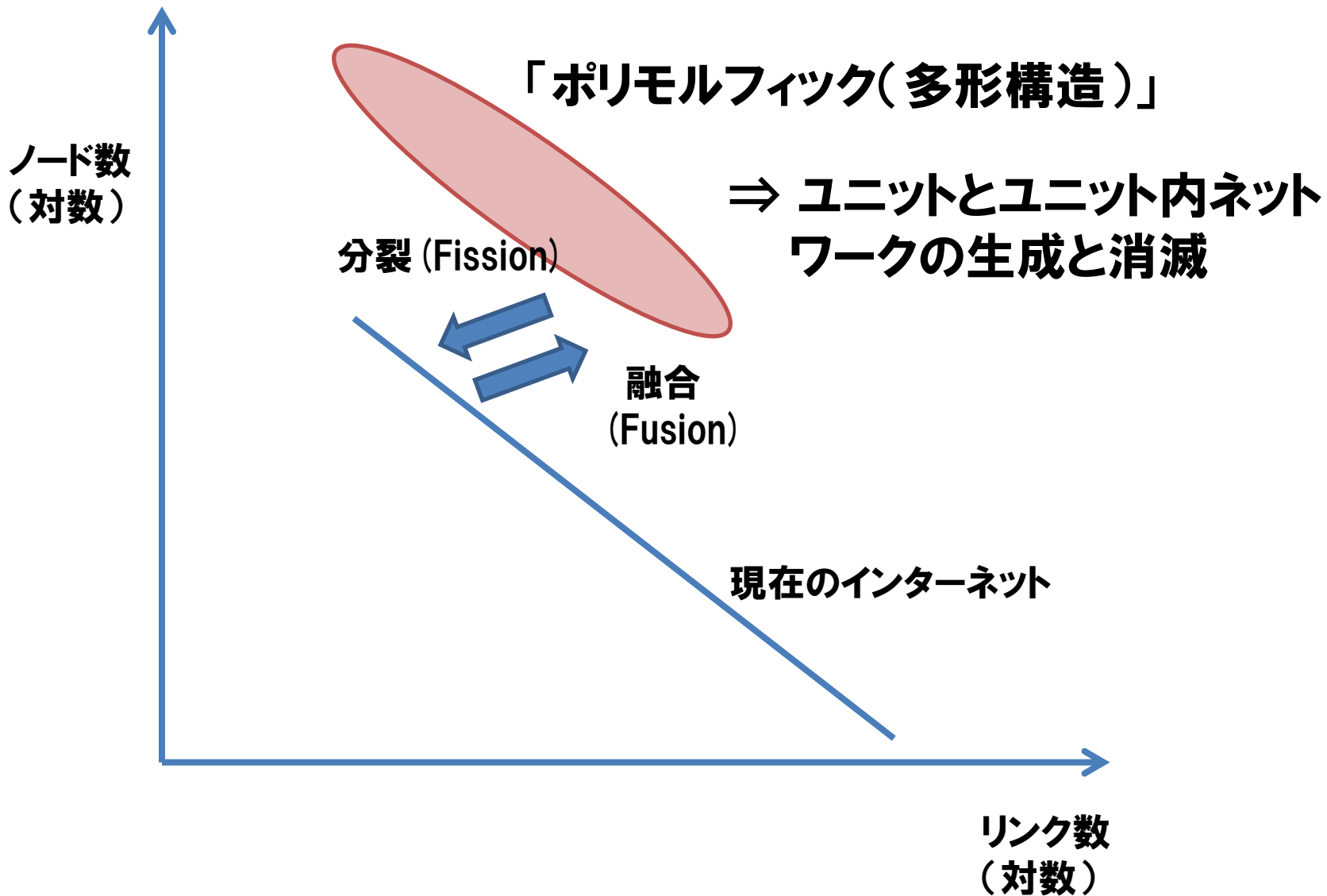


より直接的な高速な通信  
プロトコル  
(例えば、物理層的)





# “ポリモルフィック(多形構造)”という世界観



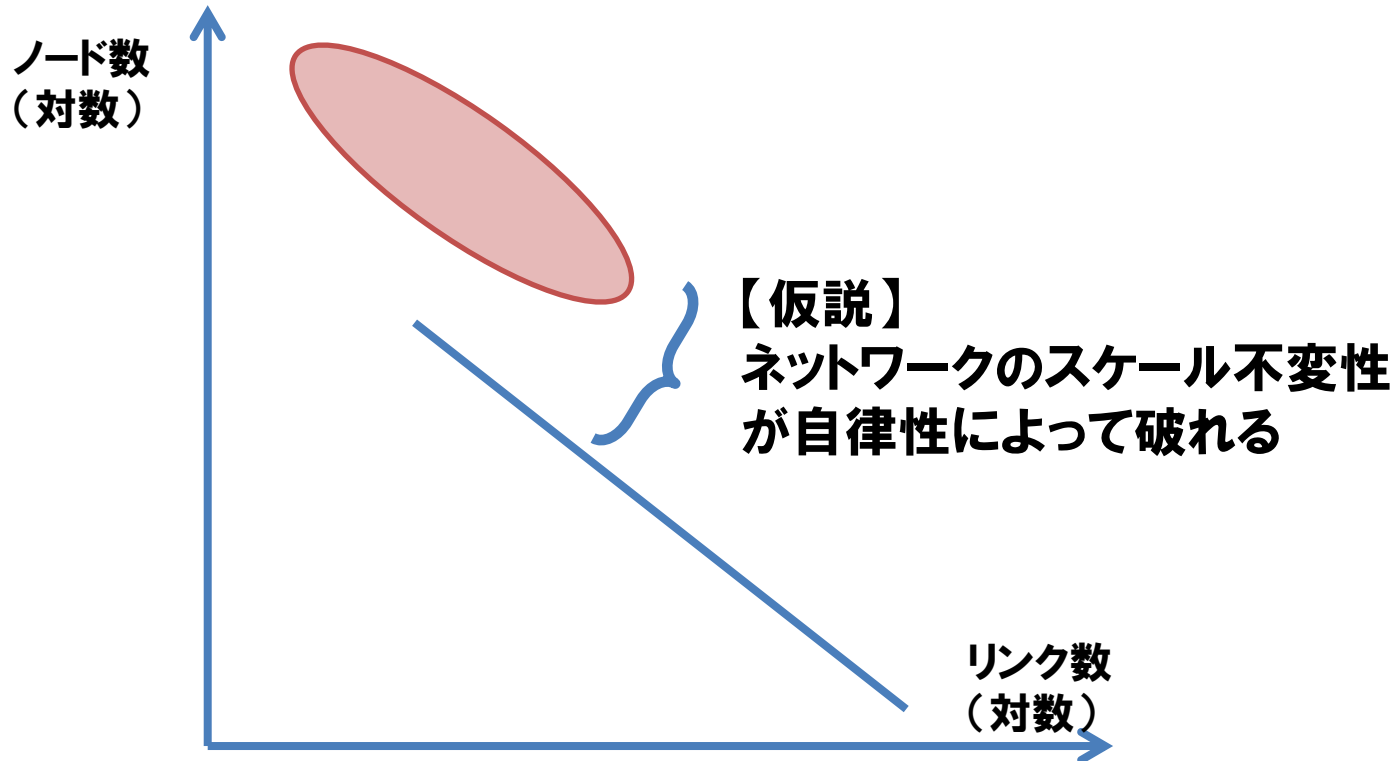
# “スケール不変性の破れ” 仮説

ネットワークは距離概念がない「スケール不変」な世界

⇒世界で一つのザ・インターネットをIoTの共通プラットフォームに

システムの自律化は何らかの典型的時間など(≒次元のある典型的長さ)を要求することで、スケール不変性が破れる

⇒多形的なネットワークへ

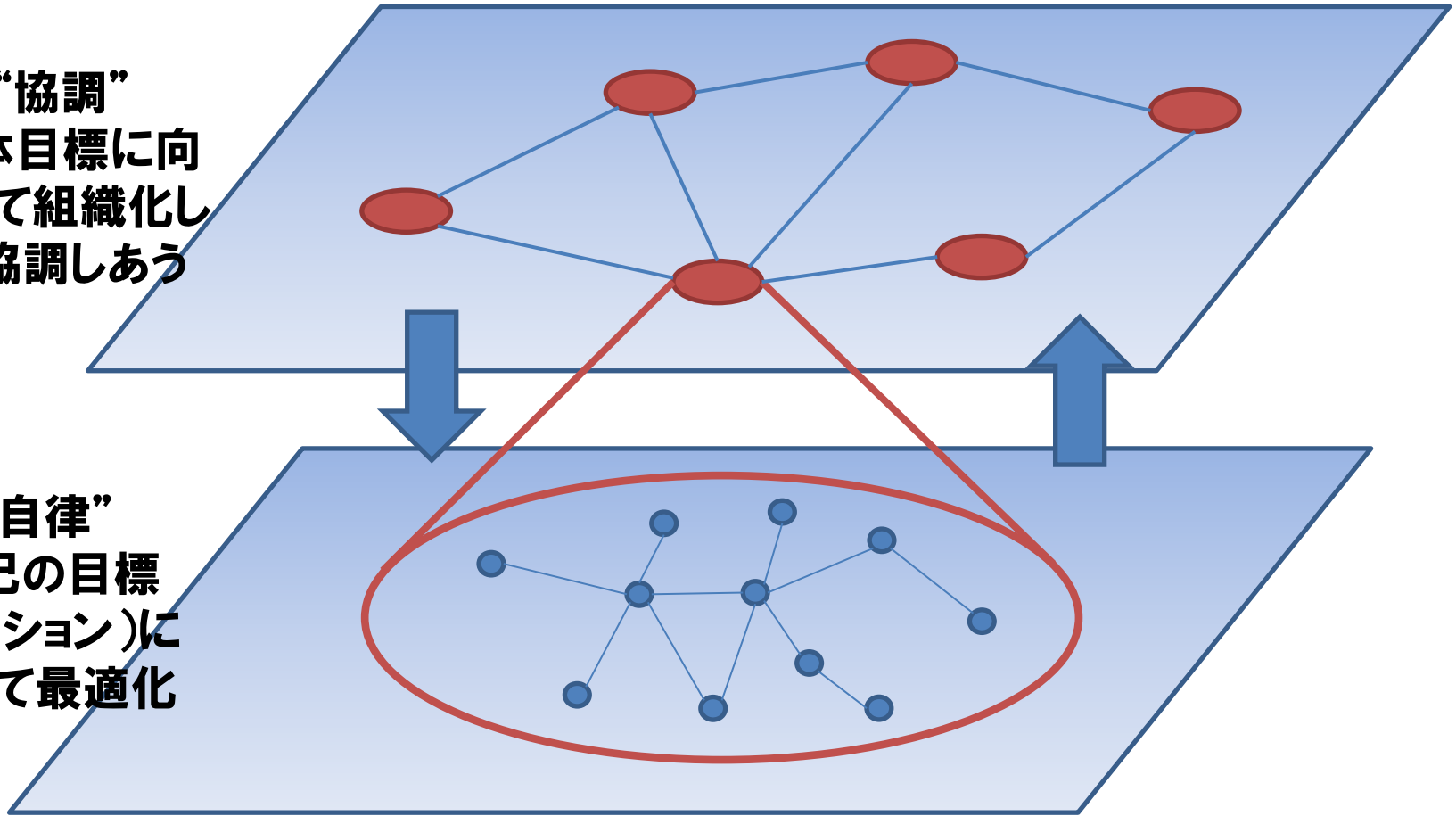


# 自律から協調へ～部分最適から全体最適へ

- 知能化したモノは自律的にユニットを形成して(部分)最適化
- 全体最適を目指して各ユニットは組織化して協調を図る

“協調”  
全体目標に向  
かって組織化し  
て協調しあう

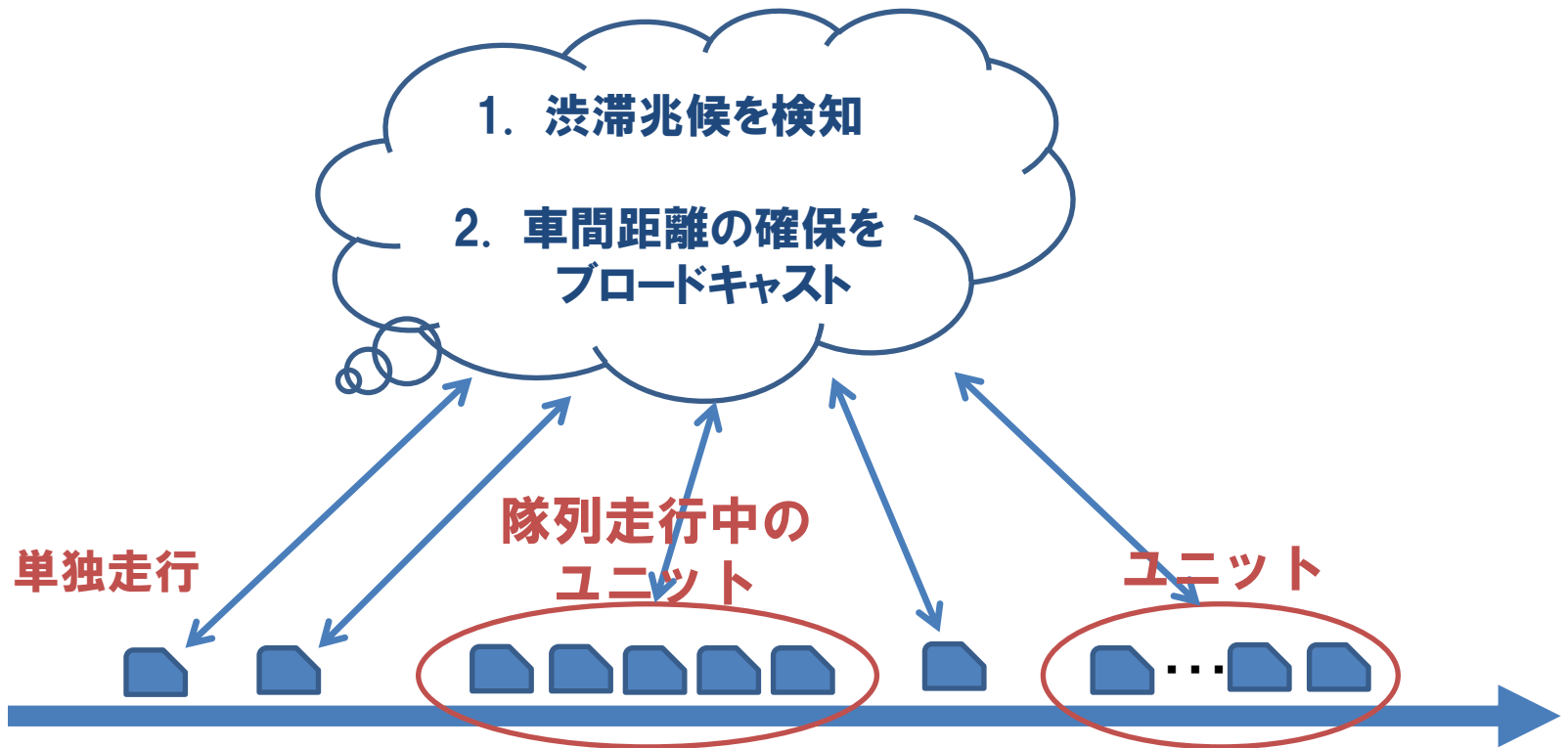
“自律”  
自己の目標  
(ミッション)に  
従って最適化



## 例えば、渋滞回避

- 渋滞発生の際を捕捉
- 各車(ユニット)に車間距離の確保、スピードダウンを呼びかける

< 高速道路を走行中 >



# 協調とネットワーキング、そして創発へ

全体目標を提示するための人と社会の「ネットワーキング」

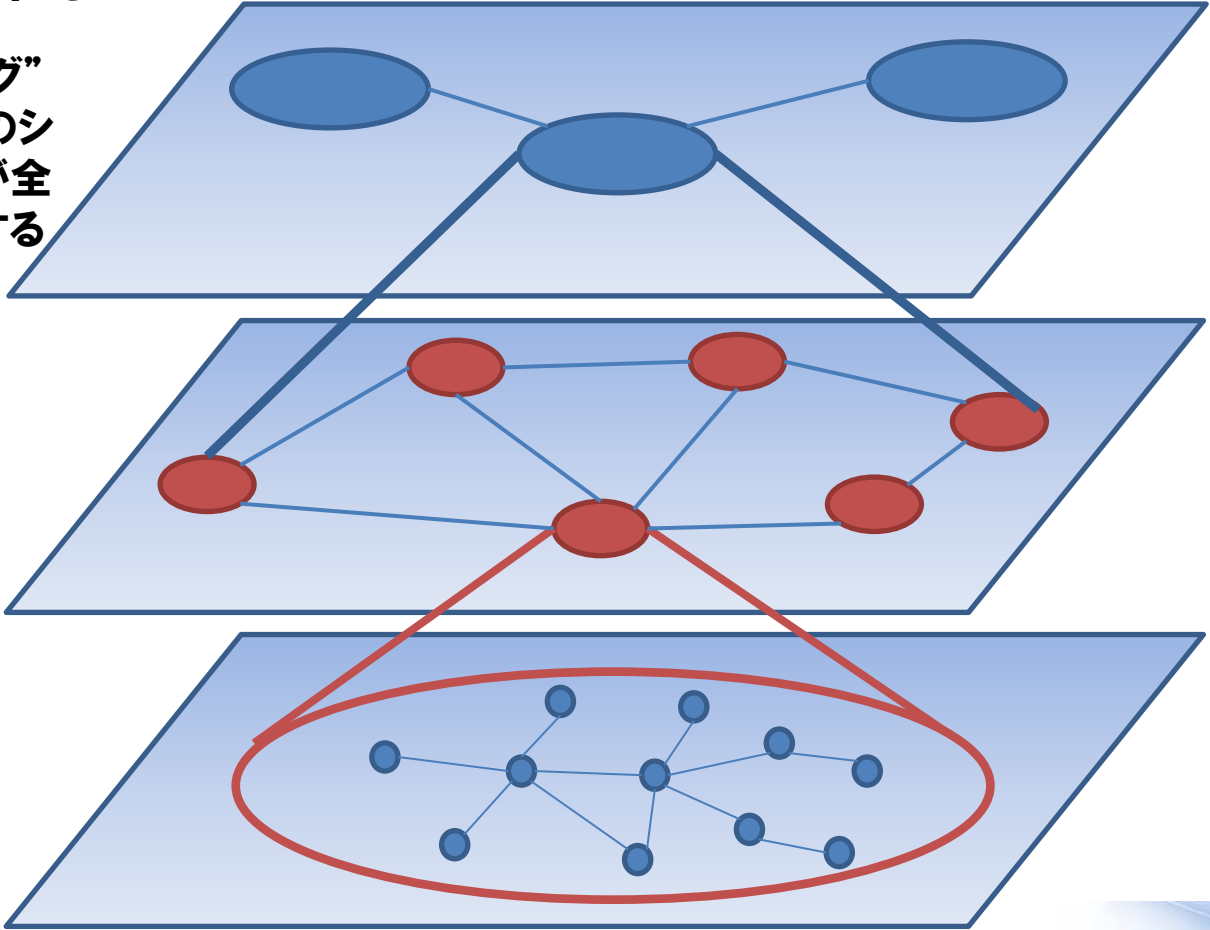
自律化の階層から協調、ネットワーキングの階層へ“創発”

- スケール不変性が破れることでフラットな世界が多層化し、自己組織化、創発を促される

“ネットワーキング”  
人間・社会などのシステムオーナーが全体目標を提示する

“協調”  
全体目標に向かって組織化して協調しあう

“自律”  
自己の目標(ミッション)に従って最適化



“創発”  
下位レイヤーの局所的相互作用から上位レイヤーでの大域的構造が出現する

モノやネットワークあるいはソフトウェアという構成要素が自律性を獲得して、その時々環境に応じて柔軟に『融合と分裂』『生成と消滅』を繰り返すというポリモルフィック、多形構造の世界観を提唱したい。そして、多形的ネットワークの形成には『スケール不変性の破れ』の概念が鍵になる。

IoTデバイスの急増に対して、当面はインターネット網を増強することも必要だが、多形構造のコンセプトも有効である。特にデバイス・ネットワークなどを智能化させ自律性を獲得させることが重要になろう。

**ご清聴ありがとうございました。**

ご質問・コメントは

[m-nagura@bq.jp.nec.com](mailto:m-nagura@bq.jp.nec.com)

まで