

第5世代（5G）通信の電波利用基盤

— 米国5Gオークションと「タワー事業」を参考に* —

2018年度秋季（第39回）情報通信学会大会
東京大学 駒場第2キャンパス

2018年11月17日

鬼木 甫

（株）情報経済研究所

要旨

本発表では、近未来での実現が予想されている「第5世代（5G）通信」の電波利用基盤において生ずる「自然独占問題」を検討する。

5Gにおける技術的特色からスモールセルの採用と、その結果としての重複設備投資の回避と同供給独占（自然独占）が不可避であるとするならば、競争推進のためには5Gサービスの上下分離が自然な対応策である。これにより、少なくとも「上部サービス」で競争環境を実現できる。問題は「下部基盤（インフラ）」の独占から生ずる弊害である。本発表では、まず同上下分離を実施した場合に事業者課税が適切と考えられる規制内容を考察する。ただし、企業統合経営の利益を損じないよう、会社分割ではなく、「サービスの分離」のみを提案する。これに次いで、「地域分割」と同インフラ事業の「交代可能性（contestability）」による長期的な独占の弊害防止策を提案する。

2018年11月に実施予定の米国5G周波数オークションは、上記問題の発生を一部予測して計画されているものと推測される。また基地局共有のための「タワー事業」が米国、中国他において近年普及している事実も、上下分離の先取りになっている。これらについても検討を加え、タワー事業やインフラ共用方策の無規制導入（2018年11月2日総務省提案を含む）は、将来における地域独占とその弊害を招くことを指摘する。

目次

- I. 第5世代（5G）無線通信の特色と独占要因
 - A. 本研究のカバーする5Gについて
 - B. 周波数帯容量の巨大化
 - C. 電波到達距離の短小化
 - D. 5Gサービス普及のイメージ
 - E. 現状（4G体制）を延長して5Gを建設した場合の結果予測
- II. 通信アクセス用インフラにおける独占問題
 - A. 独占と競争の矛盾
 - B. 移動通信における重複投資の例
 - C. 解決策
 - D. 米国5Gオークション（2018年11月14日予定）
 - E. 「タワー事業」の展開
- III. 5Gにおける競争環境の実現方策 — 上下分離（提案1/2）

* 本研究はJSPS科研費16K03564の助成を受けています。

- A. 「上下分離」の概要
- B. 基地局事業者 (AP)
- C. 通信事業者 (CP)
- D. 規制内容

IV. 基地局サービスにおける (長期) 競争環境の実現 (提案 2/2)

- A. AP 環境についての目標
- B. 説明用記号
- C. AP 用「地域」の設定
- D. AP の初期・経常業務
- E. AP の (長期的) 義務
- F. 基地局フランチャイズ権に関する EMM の意義
- G. AP がサービス価格 p の「修正」を必要とするとき
- H. 現状からの漸次移行方策 — 上下統合 (4G) から上下分離 (5G) へ

I. 第 5 世代 (5G) 無線通信の特色と独占要因

A. 本研究のカバーする 5G について

従来の 4G の延長としての移動通信が対象だが固定通信も含めて考える
道路交通用無線、remote metering 無線 (LPWA) 等を除く

B. 周波数帯容量の巨大化

- 1. 4G (5~10MHz 単位) から 5G (50~100MHz 単位) へ
- 2. 周波数帯容量の「稀少度」が減退
電波オークションの意義が薄れる

C. 電波到達距離の短小化

- 1. 4G 用 (500m~1km 単位) から 5G (10~50m 単位) へ
電波到達距離は周波数の二乗に反比例 (出力・入力等他要因を一定として)
例: 周波数が 10 倍になれば、同一面積をカバーするアンテナ数が 10,000 倍になる
- 2. 小型セル (small cells) の必要
基地局/アンテナ数が増大
バックホール (backhaul) 回線が増大
基地局あたりのユーザ数が減少
ユーザあたりの周波数利用可能帯域幅が増大
電波はもはや稀少資源ではない
- 3. 複数のアクセス経路建設・維持方策が非効率化する
独占 (自然独占) 要因が出現
- 4. まとめ
 - a. 5G の普及には、(成功した場合でも) 2020 年から 10 年程度が必要と予測
成功の場合、「スタート時の制度」が拡大・固定し、爾後の変更が困難になる
事前の制度設計が望ましい
 - b. 産業の基本である技術の大幅変化
通信産業組織の変革圧力

政策面での事前対応が必要

D. 5G サービス普及のイメージ

1. おそらく固定利用からはじまり移動利用へ進む（米ベライゾン社の試行）
現在の Wi-Fi の一般化、広域化
2. 電灯光、夜間街灯、室内灯の機能に類似すると考える
明かりが必要なときにスイッチを ON にして近くの電灯を使う
広帯域通信サービスが必要なとき、端末を ON にすれば最寄りの電波が得られる

E. 現状（4G 体制）を延長して 5G を建設した場合の結果予測

1. 現状
 - a. 3（or 4）事業者による上下統合体制
（暗黙の）協調寡占と高価格・高利潤（独占利潤）
 - b. 周波数割当は比較審査方式
免許地域は全国 1 区（電波法 27 条の 12：特定基地局方式）
小規模な新規参入が困難
2. 予測
 - a. 5G 用周波数 200MHz 幅を 3（or 4）事業者に割当（仮定）
 - b. 当初は各事業者が一部の地域で小規模展開
 - c. 数年後の展開進行とともに問題が発生：3 ケース
 - (1) 同一地域における重複投資 → 非効率発生
 - (2) （協調）独占による基地局共用が発生 → 地域独占の成立、弊害発生
 - (3) タワー事業の発生・成長（→ II.E）、無規制であれば弊害発生

II. 通信アクセス用インフラにおける独占問題

A. 独占と競争の矛盾

1. 独占の必要性・必然性
重複投資（設備）による非効率発生回避
複数事業者があっても長期的（自然）に独占に収束
2. 独占の弊害
競争の欠如による高価格、低サービス
独占利潤の継続、消費者を「収奪」
3. 独占価格形成について
 - a. 競争不在
（市場でなく）自身による価格決定が可能
 - b. 独占価格の上限（P_{MAX}）
需要減退による収入減少がはじまる水準
他事業者の参入が利潤を生ずる水準
 - c. 独占価格の下限（P_{MIN}）
長期限界（平均）費用（競争市場であった場合に成立する価格）

d. 独占体の行動

上下限価格の中間で自由に決める ($PMIN < P < PMAX$)

独占利潤の発生: $(P - PMIN) \times$ 供給量

タワー等建設費の償却後も高価格維持可能

B. 移動通信における重複・遊休投資の例

4G 用アンテナの並立 (写真 1)

在来線列車用漏洩同軸ケーブル (現在は一部遊休、写真 2, 3)

東京スカイツリー (写真 4) と関西生駒山アンテナ群 (放送) (写真 5)

C. 解決策

1. (価格) 規制下の独占 (regulated monopoly)

a. 有線アクセス (光ファイバー、無線用バックホールを含む)

NTT: NTT 法による

歴史的経緯: 公社以来の銅線設備を償却・代替して建設

b. 各種公営・規制事業

電力、ガス、水道、高速道路、鉄道、空港等

2. 独占分野の分割・最小化

無線アクセスの上下分離 (インフラとサービス)・地域分割 —— 本論文で提案

アクセス用インフラ (基地局) のみ独占容認

事業範囲を地域別に分割して「交代」を可能にする

D. 米国 5G オークション (2018 年 11 月 14 日予定) (FCC [2018])

1. オークション体制

地域区分: 全国を **3072 地域** (county 単位、平均人口約 10 万人) に分ける

周波数帯: 950MHz (27.5 ~ 28.35GHz 帯)

2 ブロックに区分 (2×425MHz)

サービス内容: **自由** (規制なし、利用目的指定せず、固定無線も可能)

2. 含意

電波利用にかかる (地域ごと) 独占/複占 (1~2 事業者) の生成を想定

将来における独占の弊害発生を予測

3. その他

続く 24GHz 帯オークション (時期未定) では、計 416 地域に各 100MHz を割当予定;

さらに 37GHz, 39GHz, 47GHz 帯で追加オークションを提案中

E. 「タワー事業」の展開

1. タワー事業 (小原 [2018]、三澤 [2018]、吉川 [2018]、若杉 [2018] による)

電波免許を保有せずにタワー (基地局) を建設、現在は無規制

免許保有者にタワー利用を提供

サービス区域内で「独占」が成立することが多い

「インフラ共有」を実現

2. 海外事情

各国でタワー事業が成長中

米、英、スペイン、インド、中国他

日本の「上下統合」は海外と比べたとき例外ケースに見える

a. 米国

American Tower 社 (15 万サイト)

Crown Castle International 社 (9 万サイト)、他

2000 年代に事業開始、成長

他国にも進出中、放送と共用

b. 中国

中国鉄塔 (有限公司) (187 万サイト、2017 年世界最大)

2014 年発足、政府のリード (主導) 下・三大事業者が出資

既存基地局を取り込み

通信以外のサービスも提供 (例: 放送、広告)

2018 年 8 月香港証取に上場

c. インド

Bharti Infratel Limited 社 (16 万サイト)

3. 含意

タワー事業は、本発表で提案の「基地局事業 (AP)」と類似

それが成長中であることは、上下分離の合理性を示している

しかし無規制で放置すれば「ローカル独占」が成立・固定し、弊害を生ずる
(ケーブル事業での経験)

4. 日本のタワー事業・インフラシェアリング

a. 現状

これまで 3 事業者が自力で基地局を建設、共用ほとんど無し。

以下は一部のケース。

J TOWER 社 (2012 年設立、屋内アンテナ、ビル・商業施設等 40 ヶ所)

ケイ・オプティコム社 (関西電力系、屋外鉄塔 600 ヶ所)

(社) 移動通信基盤整備協会 (トンネル、地下街等、政府補助金あり)

東京スカイツリー、東京タワー (放送用)

b. 総務省 [2018] の「インフラシェアリング事業」ガイドライン

基本的に無規制導入を提案

長期的に「ローカル独占」が成立

弊害の発生を予測

生活用一般道路の私有化 (有料化) と類似

III. 5G における競争環境の実現方策 — 上下分離 (提案 1/2)

A. 「上下分離」の概要 (図 1, 図 2, 図 3)

1. 目的

競争を可能なかぎり実現する（独占分野を最小化）
基地局サービスにおける「（自然）独占」の不可避を前提
公的規制の範囲・程度を必要最小限にする
事業体分割・会計分離でなく、「サービス分離」のみとする
企業の「上下統合から生ずる利点」を残すため

2. 内容

基地局事業者（AP, access providers）： 電波免許保有
通信事業者（CP, communication providers）
にサービス分離し、AP のみを規制

B. 基地局事業者（AP）

1. 業務

営利事業者
地域独占（フランチャイズ）
地域区分の導入は新規参入・交代を容易にする

2. 業務内容

a. 基地局建設・維持

当初基地局利用料入札（リバース・オークション）により営業権を入手
無期限

b. アクセス・サービス内容（図 3）

(1) CP との接続点（POI）

規制当局が決定

(2) 他 AP との間でのユーザの受け渡し（roaming）

CP の指示にしたがう

3. 業務ルール（詳細は IV を参照）

a. CP、ユーザに対し差別禁止

b. CP との兼業可

c. 事故等によるサービス停止：ペナルティーあり

混雑によるサービス遅延：責任なし（CP が対応）

4. 収支

a. 収入

CP による基地局利用料支払

b. 支出

初期投資建設費

規制当局への支払（→IV.D.3）

C. 通信事業者（CP）

1. 業務

営利事業者
全国にわたり営業

サービス内容・価格設定は自由

参入・退出自由、AP との兼業可、MA 等の企業再編・合併も自由

2. 業務内容

a. 通信サービス

通信機器を準備

端末供給は「自由化」

b. 利用周波数帯（チャンネル）

規制当局から入手（稀少化時はオークションにより入手）

c. 基地局の利用

利用代価を AP に支払う

3. 業務ルール

a. 地域間の差別禁止

b. ユニバーサル・サービス義務なし

c. 故障等による基地局サービスの停止： AP から補償を受ける、ユーザに補償支払

d. 混雑によるサービス停止： ユーザに補償支払

4. 収支

a. 収入

ユーザからの通信サービス収入

b. 支出

(1) AP に基地局利用料を支払う

(2) 周波数帯利用料を規制当局に支払う（電波稀少時）

D. 規制内容

1. 原則

規制目的・規準

ユーザの利害を代表

AP、CP 間の収支仲介

フランチャイズ・レント、周波数帯レント（電波稀少時）の入手

2. AP、CP に対する事業環境の整備

a. AP のための地域区分の決定

「粗」から「細密」へ 時間進行（図 4）

各地域における POI 所在地の決定

利用周波数帯の指定

b. 各地域のフランチャイズ権

入札（リバース・オークション）により賦与

c. 周波数帯の供給

定期オークションによる（稀少化時）

3. CP、AP に対する業務規制

a. CP

- (1) ユーザに対する差別禁止
 - (2) サービス内容・収支の公開義務
 - b. AP
 - (1) CPに対する差別禁止
 - (2) 収支公開義務
 - c. APに対する「基地局展開」義務は課さない、APの裁量に任せる
 - d. 業務の原則自由化
 - (1) 事業の（一部）委託、MA、事業譲渡等は自由
 - (2) 内部補助の自由
- 「歪み」は長期的に補正（→ IV.F）

IV. 基地局サービスにおける（長期）競争環境の実現（提案 2/2）

注）5G 基地局については、まだ具体的な展開例がないので、ここでは「4G 類似の 5G 移動用基地局が展開される。ただし基地局間距離が 20～100m 程度に短くなる。」ことを仮定して議論する。

実際には、5G 固定無線（ビル用、家屋用）が先に展開されるかもしれない。

A. AP 環境についての目標（記号“#”は目標の略号指定）

- 1. AP 展開・参入の促進（encouragement）
 - a. 投資リスク（不確実性）の合理的解決（「手探り型」展開を可能にする）（#1a）
 - b. 投資リターンの実現を容認（#1b）
 - c. 投資失敗時の撤退を円滑化（#1c）
 - d. 投資不実施（現状に安住）を防止（#1d）
- 2. AP による地域独占の弊害防止
 - a. 独占利潤の実現・増大の防止（#2a）
 - b. 長期的競争環境（交代可能性, contestability）の導入、参入容易化、技術進歩の促進（#2b）
- 3. 企業における上下統合経営の利点を実現（#3）
- 4. インフラ供給に伴う「レント」を国民（政府）の収入とする（#4）

B. 説明用記号（記号“*”は政策変数であることを示す）

- N : 地域人口
- d : 基地局建設でカバー中の人口比率（ $0 \leq d \leq 1$ ）
- p : 基地局使用料（設置済地域の人口あたり）
- P : 各地域の基地局使用料支払額（ $= p * d * N$ ）
- m : 地域でサービス中の CP の数
- T : 基地局使用料額
- t^* : 基地局使用料率（全地域共通）
- S : フランチャイズ権・基地局設備・要員の「譲渡」価格（＝基地局事業譲渡）
- S_0 : フランチャイズ権プラス基地局設備のみの譲渡価格

- F : 基地局保有料額 ($= f * S$)
 f^* : 基地局保有料率 (全地域共通)

C. AP用「地域」の設定 (図6)

規制当局が決定・実施する

1. 地域分割 (目標 #2b)
粗、中、細分割を設定
5G当初は粗分割を適用
爾後中、細分割を採用 (目標 #2b)
2. 各地域の POI (複数箇所)
地域分割と同時に決定

D. APの初期・経常業務

1. 基地局フランチャイズ権の初期賦与
各地域で基地局使用料 p についての入札 (リバース・オークション) (目標 #2a)
落札者が地域の AP になる
オークション後における p の変更
引上げは禁止、引下げは容認 (目標 #2a)
2. APの収入
基地局を利用する各 CP は AP に使用料 ($P = d * p * N/m$) を支払う (目標 #1b)
3. APの支払 (1/2)
AP は基地局使用料 ($T = t * p * N$) を規制当局に支払う
 T は基地局建設数から独立 (目標 #1d)

E. APの(長期的)義務 (目標 #2b)

1. 各期の期首にフランチャイズ権・基地局設備の「譲渡価格 (S)」を表明
 S_0 : フランチャイズ権プラス基地局設備のみの譲渡価格
 S : フランチャイズ権プラス全設備・要員等の譲渡価格 (=基地局事業譲渡)
2. APの支払 (2/2)
基地局保有料 ($F = f * S$) を規制当局に支払う (目標 #4)
3. 他 AP 事業者から「フランチャイズ譲渡請求」があった場合、該当地域のフランチャイズ権を代価と引き換えに譲渡しなければならない (猶予期間=6ヶ月) (EMM) (目標 #2b)

F. 基地局フランチャイズ権に関する EMM の意義 (鬼木 [2013])

1. 「フランチャイズ権市場」の生成と長期競争の導入
2. フランチャイズ保有料率 (f) は、同市場需給の調節要因として作用 (金融市場における政策金利と類似の機能)
AP の交代可能性を制御 (目標 #2b)

G. AP がサービス価格 p の「修正」を必要とするとき

1. p が過大のケース (引き下げ容認)

AP は短期的に超過利潤を入手

長期的には「交代圧力 (contestability)」によりフランチャイズ権の譲渡あるいは p の
引下げを迫られる (目標 #2a, b)

2. p が過少のケース (引き上げ禁止)

AP は損失を生ずる

長期的にフランチャイズ権の返却を迫られる (目標 #1c)

返却の場合、再度オークションを実施 (目標 #2b)

H. 規制当局による「基地局サービス市場」へのコントロール手段 (再掲)

1. サービス地域の決定

2. 基地局使用料率 (t) の決定

建設速度 (下限) のコントロール

3. 基地局保有料率 (フランチャイズ料率) (f) の決定

「フランチャイズ権市場」の稼働率の決定

I. 現状からの漸次移行方策 — 上下統合 (4G) から上下分離 (5G) へ

1. 4G/LTE の MNO および MVNO

a. 規制

基本的に現規制を継続

b. 4G から 5G への移行 (図 5a, b)

MNO は社内に CP 部、AP 部を設立してそれぞれ 5G へ参入可 (目標 #3)

MVNO は CP として 5G 参入可

2. MNO への規制

MVNO から 5G → 4G への fallback サービス供給の要請あるとき、
自身の 4G と同一価格でこれに応ずる義務

3. 5G 業務の一部が「上下統合」で開始された場合の移行

a. 第 1 段階

地域分割の導入

サービスの上下・地域分離 (会計とサービス責任の所在)

b. 第 2 段階

基地局設備の譲渡価格 (S) の表明

同料率 (f) を高水準に設定

c. 第 3 段階

基地局使用料 (p) の入札によるフランチャイズ権の保有者決定

d. 第 4 段階

基地局譲渡の実施

フランチャイズの確立

[参照文献]

- 鬼木 甫 [2013]「周波数再編成 (利用変更・移転) のエコノミクス II —— 新システム (EMM) による再編成加速の提案 (分載: 前・後編)」『InfoCom REVIEW』、第 58 号、pp.20-44、2012 年 11 月; 第 59 号、pp.2-24、2013 年 3 月、情報通信総合研究所、
www7b.biglobe.ne.jp/~ieir/jpn/publication/201210a.html
- —— [2017]「次世代 (第 5 世代) 移動通信の産業組織 —— 自然独占・協調寡占問題」第 37 回情報通信学会大会、2017/11/18、www7b.biglobe.ne.jp/~ieir/jpn/publication/201711a.html
- 小原 弘嗣 [2018]「十九大、两会以降の中国情報通信分野における主な動きについて」第 5 節 中国鉄塔の情報、*ICT World Review*, Vol.11, No.3, August/September 2018, pp.12-15.
- 総務省 [2018]「移動通信分野におけるインフラシェアリングに係る電気通信事業法及び電波法の適用関係に関するガイドライン (案)」2018 年 11 月 2 日、
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban02_02000268.html,
http://www.soumu.go.jp/main_content/000582730.pdf
- 田中 辰雄 [2017]「5G についての鬼木提案へのコメント」、URL は鬼木 [2017] と同じ。
- 三澤かおり [2018]「【韓国: 政策】5G 早期商用化に向けて設備共用制度改善へ」『ICT ワールドニュース』、2018 年 5 月 9 日、マルチメディア振興センター。
- 吉川 尚宏 [2018]「タワー事業の動向」内閣府規制改革推進会議、2018/06/27、
www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/suishin/meeting/wg/toushi/20180627/agenda.html
- 若杉朋子 [2018]「JTOWER、日本郵政キャピタルなど 11 億円投資」2018 年 3 月 30 日、日本経済新聞; 「隅々まで携帯電話、設備あいのり JTOWER」2018 年 7 月 30 日、日経産業新聞。
- FCC [2018] “FCC Establishes Procedures for First 5G Spectrum Auctions,” 2018/08/03,
<https://www.fcc.gov/document/fcc-establishes-procedures-first-5g-spectrum-auctions-0>
- Oniki, H. [2018] “Proposing Vertical Separation of 5G Mobile Operation to Cope with the Natural Monopoly from Using Small Cells,” presented at Workshop on Spectrum Management Policy in the 5G Era, 2018/03/25-26, www7b.biglobe.ne.jp/~ieir/eng/publication/201803a.html

第5世代（5G）通信の電波利用基盤 — 米国5Gオークションと「タワー事業」を参考に — (図表)

鬼木 甫

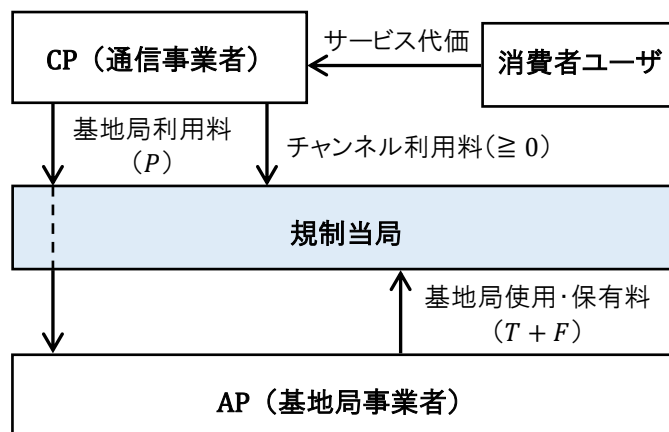
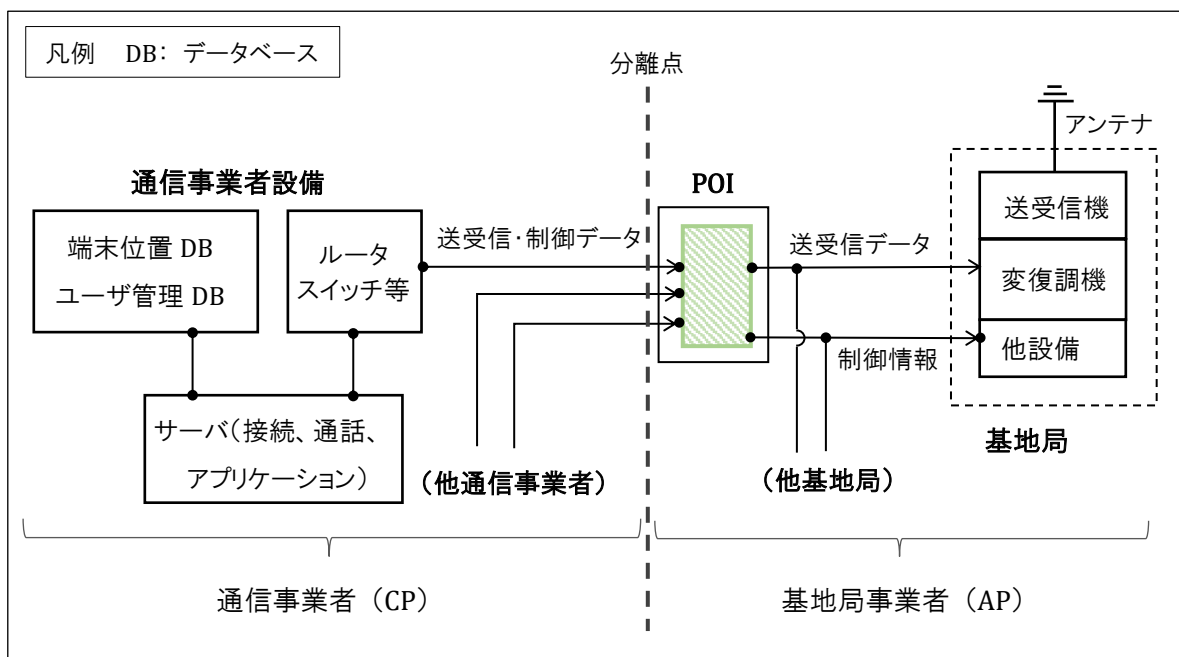


図1 上下分離と会計

	業務範囲	地域区分				
		1	2	3	.....	N
CPs	全国	CP1, CP2,				
APs	地域独占	AP1	AP2	AP3	.....	APN

図2 上下分離 —— 全国・地域サービス



注：鬼木 [2017] より転載

図3 (地域ごと) 基地局業務・通信業務分離のイメージ

5G ステージ	地域区分									区分の型
初期	R1		R2			.....	RM			粗区分
中期	R11	R12	R21	R22	R23	.....	RM1	RM2	RM3	中間
長期						.....				細分

図4 地域区分 —— 「粗」から「細」への進行

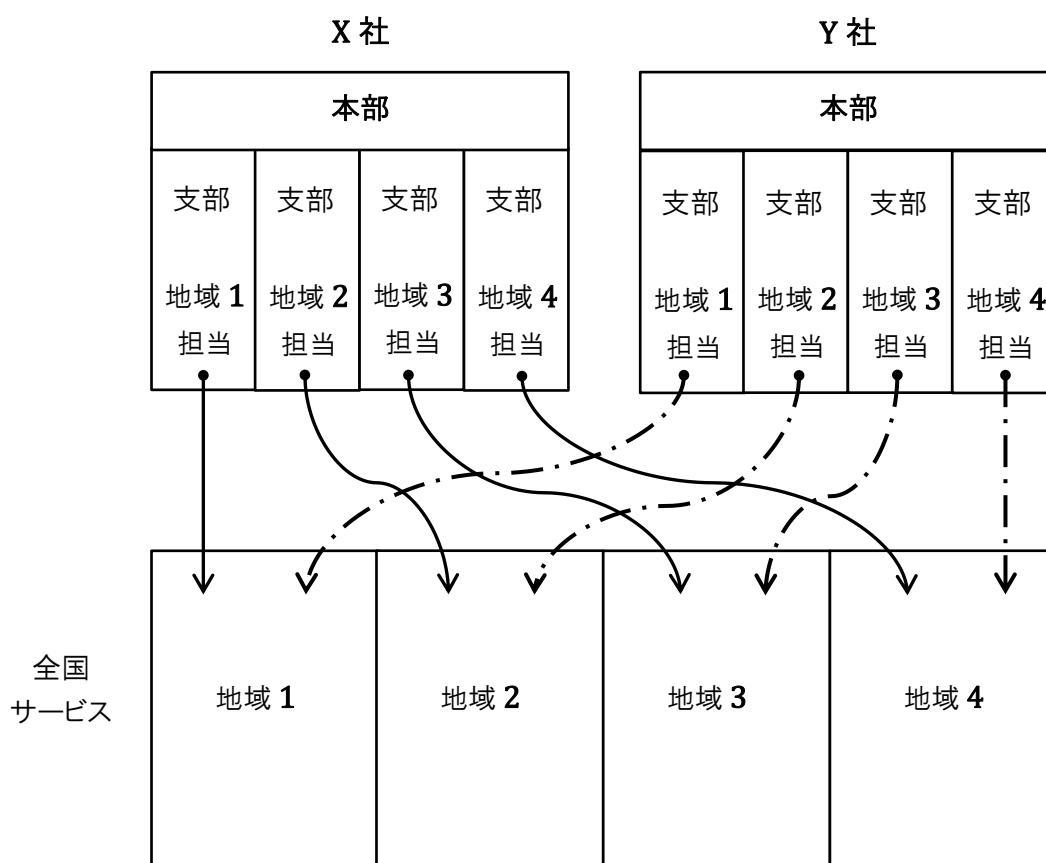


図 5a: 上下統合事業者: X社、Y社(現状)

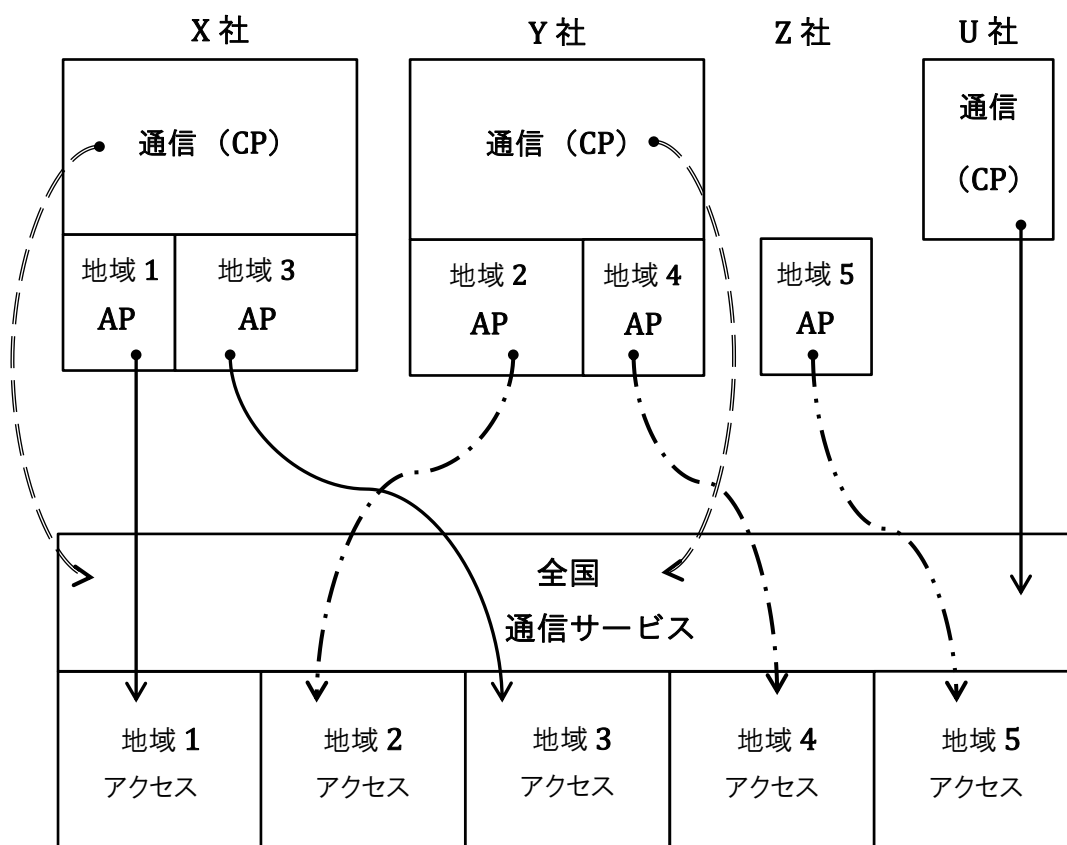


図 5b: 通信・基地局事業者: X, Y 社と新規参入者(Z, U 社)(上下分離後、5G 用)

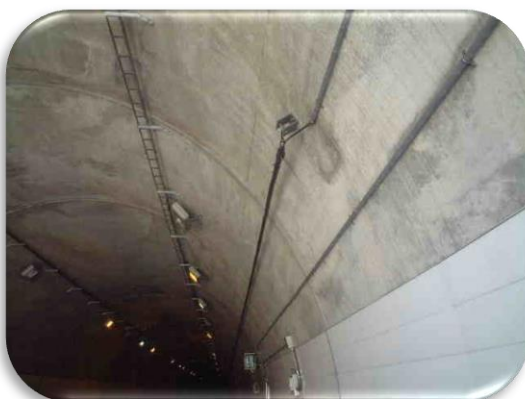
当日発表用写真(II.B)目次:

1. 4G 用アンテナの並立
2. 在来線列車用漏洩同軸ケーブル
3. 同上
4. 東京スカイツリー
5. 関西生駒山アンテナ群



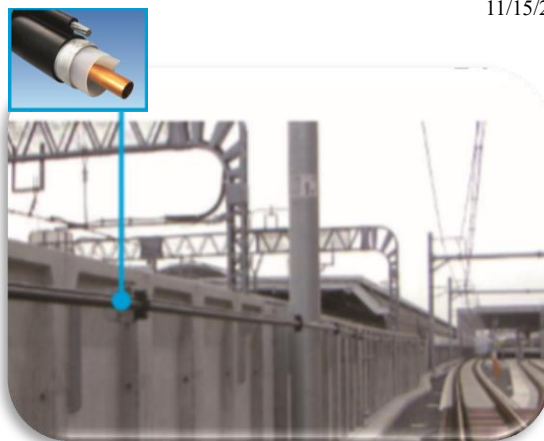
www.comsys-hd.co.jp/img/csr/pdf/chd_csr2012_all.pdf, p.16

写真 1: 4G 用アンテナの並立



<http://www2.nct9.ne.jp/ja0qby/tonnneru.htm>

写真 2: 在来線列車用漏洩同軸ケーブル
(トンネル内)



<https://www.furukawa.co.jp/company/hereandthere/pdf/01.pdf>

写真 3: 在来線列車用漏洩同軸ケーブル
(線路脇)



<https://ja.wikipedia.org/wiki/東京スカイツリー>

写真 4: 東京スカイツリー



<http://ts11782.shiga-saku.net/e437656.html>

写真 5: 関西生駒山アンテナ群