

携帯電話電波形式の変遷

ENOG75 Meeting

2022年9月2日 柏崎市産業文化会館

株式会社グローバルネットコア

中倉 雅人

masato.nakakura@global-netcore.jp



<https://www.global-netcore.jp/>

自己紹介 -ENOG75-

- 中倉雅人（なかくらまさと）
- 新潟市出身 ⇒ 関東に住み ⇒ 新潟市に戻る
- 物理的・ハード的分野の技術が好き
- 最近はおっぴら新潟・古町地区めぐりが趣味

ENOGの発表は、2回目です！
お手柔らかに…



今回のお話内容

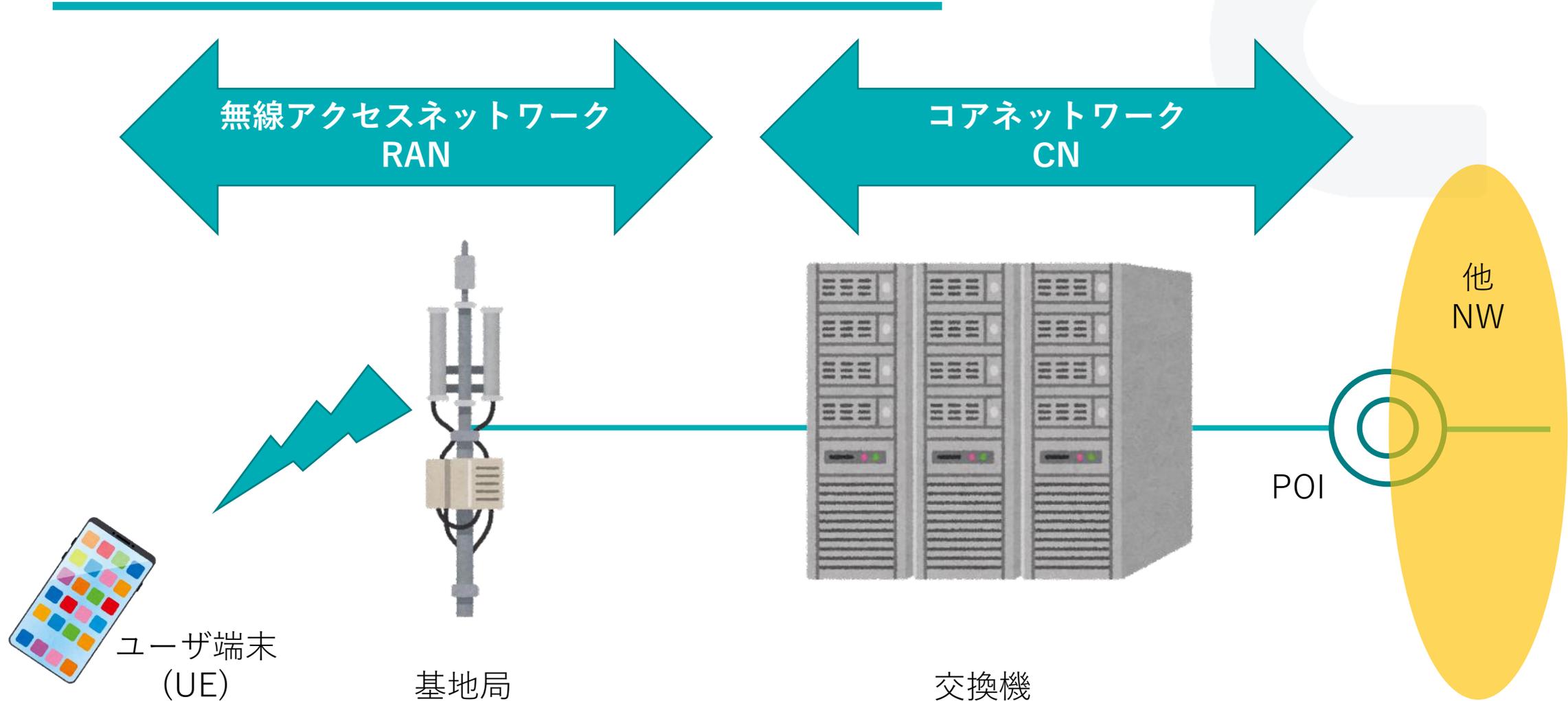
携帯電話の

無線アクセスネットワーク (RAN : Radio Access Network)

について変遷などをみてみます。

1G ⇒ 2G ⇒ 3G ⇒ 4G ⇒ 5G

ざっくり



通信方式の変遷

1980年代ころ 第1世代移動通信システム(1G)

アナログ無線方式
音声サービスのみの提供

1990年代ころ 第2世代移動通信システム(2G)

デジタル無線方式
音声+データサービスの提供

2000年代ころ 第3世代移動通信システム(3G)

デジタル無線方式
第2世代の高速化 ~ LTE方式

通信方式の変遷

2010年代ころ 第4世代移動通信システム(4G)

デジタル無線方式
第3世代の高速化 LTE-Advanced

2020年代ころ 第5世代移動通信システム(5G)

デジタル無線方式
超高速・超低遅延・多数同時接続

1 G (1984年-)

- ・ HiCAP方式：NTT大容量方式
- ・ TACS方式：モトローラ方式

アナログ方式の通信

- FM(変調方式)

周波数は800MHz帯

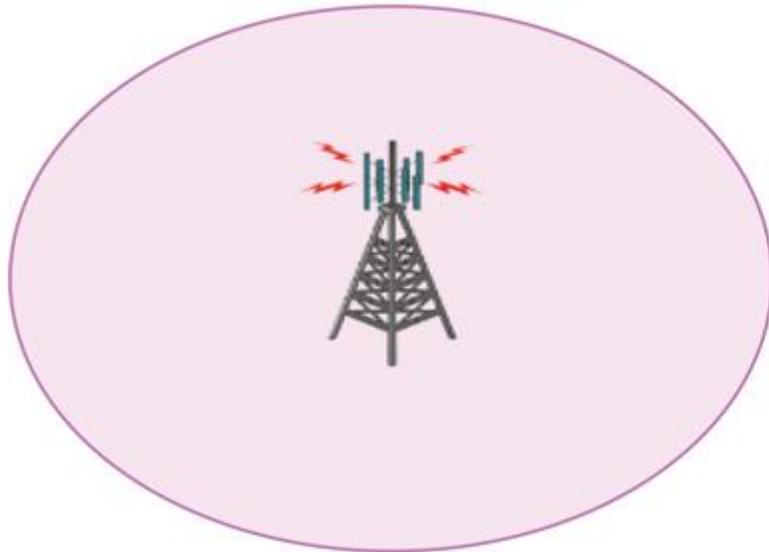
小ゾーンのセルラー方式が用いられた



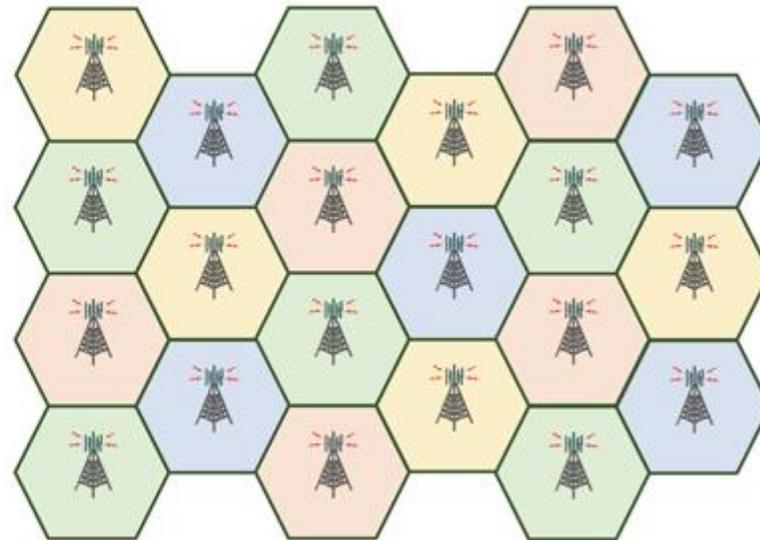
TZ-802型

1G ～セルラー方式～

0G 大ゾーン方式



1G セルラー方式



セルラー方式には
ハンドオーバーの概念が必要

2 G (1992年-)

- ・ PDC方式
- ・ cdma one方式：モトローラ方式

デジタル方式の通信

-TDMA(時分割多重)

周波数は800MHz / 1.5GHz帯

速度は50kbps程度

2G ～目的～

- ・ アナログのFDM方式はチャンネルの数
→最大収容本数が定まってしまう
- ・ 限られた割り当て周波数範囲内で回線本数を増やすためにはデジタル化が必須で、こうして生まれたのが2G携帯
- ・ デジタル化と言ってもこの頃はまだ音声通話が主要ユースケースで、デジタルデータ転送(ネットへの接続)は「ついで」扱いでした。

2G ～諸元～

表1 デジタル移動通信システム主要諸元
Table 1 Core System Parameters

項目	日本 (PDC)	欧州 (GSM)	北米 (D-AMPS)
周波数帯 移動機送信	(925 - 940 MHz 940 - 956 MHz 1429- 1453 MHz)	890～915 MHz	824～849 MHz
基地局送信	(870 - 885 MHz 810 - 826 MHz 1477- 1501 MHz)	935～960 MHz	869～894 MHz
送受信周波数間隔	55/130/48 MHz	45 MHz	45 MHz
キャリア周波数間隔	50 kHz (25 kHz インタリーブ)	400 kHz (200 kHz インタリーブ)	60 kHz (30 kHz インタリーブ)
基地局ゾーン半径	0.5～3 km 以上	0.5～35 km 以上	0.5～20 km 以上
アクセス方法	TDMA	TDMA	TDMA
1キャリア当たりのチャンネル数	3/6チャンネル	8/16チャンネル	3チャンネル
伝送速度	42 kb/s	270.833 kb/s	48.6 kb/s
変調方式	$\pi/4$ シフト QPSK	GMSK	$\pi/4$ シフト QPSK
音声符号化方式 (ソース+誤り訂正)	VSELP (11.2 kb/s) PSI-CELP (5.6 kb/s)	PPE-LTP (22.8 kb/s) VSELP (11.4 kb/s)	VSELP (13 kb/s)
その他	波形等化 (オプション) ダイバーシチ (オプション)	波形等化 (必須15 μ sまで) 周波数ホッピング (オプション)	波形等化 (必須60 μ sまで) ダイバーシチ (オプション)



日本の2G



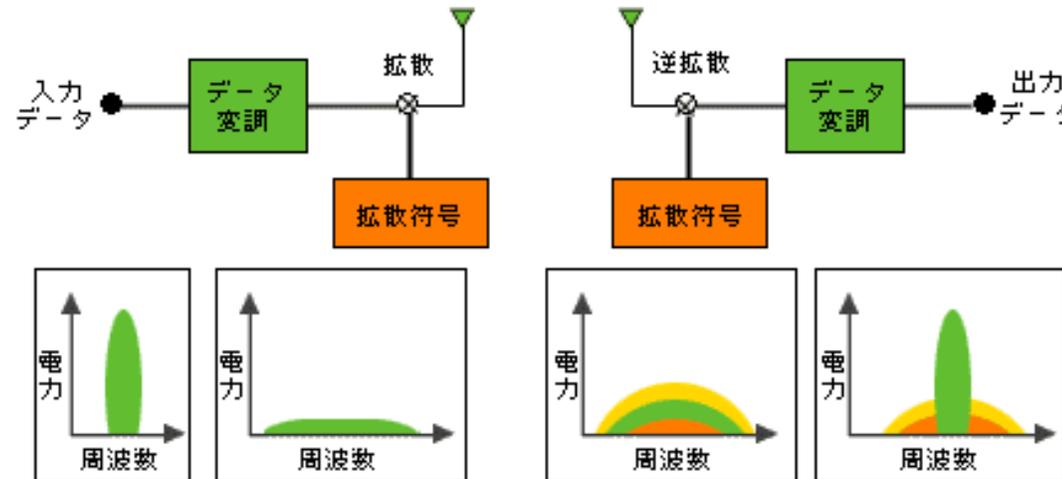
外国の2G

3G (1998年-)

- W-CDMA
 - CDMA2000
- CDMA方式
- 帯域 700MHz ~ 2GHz
 - LTEから
 - パケットデータ通信のみとなる
 - 交換がEPCに変わる
 - ハードハンドオーバーのみとなる
 - VoLTE利用できなかった時期は、音声通信(呼)が発生したら3GにCSFBしていた

3G ～CDMA方式～

CDMA (Code Division Multiple Access) : 符号分割多元接続
⇒要するに単一の周波数で複数の通信を可能にしたい
という技術



3G ~3GPPの登場~

3GPP(Third Generation Partnership Project)

⇒ 移動体通信規格の国際標準が策定されるように



3G ～深まる混迷～

- ・ 90年代はインターネット躍進の時代
- ・ 携帯電話にも「持ち歩ける電話」 & 「持ち歩けるインターネット」が求められるようになった
- ・ デジタルデータの高速化を主眼に開発されたのが3G
- ・ 少なくとも4つの標準規格が併存
- ・ 段階的な性能向上を行い「3G」「3.5G」「3.7G」「3.9G」などと称し非常にわかりにくくなってしまった

3G ～深まる混迷～

- W-CDMAの基本データレートは、2Mbps程度
- W-CDMAの拡張データレートは、
HSPA = 16QAMで、規格上最大14Mbps 「3.5G」
HSPA+ = 64QAMで、規格上最大21Mbps 「3.7G」
- 「W-CDMA方式」のライバルが「CDMA2000方式」
日米はW-CDMAとCDMA2000の壮絶な戦場になった

4G (2009年-) ～目的～

- ・ 4Gはより高速なデータ通信速度の実現と3Gで乱立してしまっただ標準規格の再統一が目論まれていた
- ・ 統一4G規格の成立には時間を要することが想像されたため3Gに上乗せして延命するための、高速データ通信拡張規格が作られた
- ・ 当初「本当の4G」が登場するための中継ぎだったので3.9Gや、3Gの長期的発展という意味でLTE (Long Term Evolution)と呼ばれた

4G ～目的～

- ・次世代高速デジタル通信標準を目指し、複数の通信方式が名乗りを挙げて一時 乱戦の様相を示した
- ・しかし LTEが早く普及し、他の方式を圧倒した
- ・次第に、LTEを「4G」と呼ぶ通信事業者も現れはじめ
2010年にITUが「LTEを事実上の4G」とする見解を発表して「LTE=4G」となった

4 G ～概要～

- LTEでは無線LAN(Wi-Fi)で既に使われていたOFDMをベースに拡張して、OFDM(下り)と、SC-FDMA(上り)を採用
- データレートは、規格上最大300Mbps
- 分割方式には、TDDとFDDの両方式が定義される

4 G ～概要～

- ・ LTEは全ての3G標準 (W-CDMA / CDMA2000 / etc.)と互換性がない
- ・ 2014年頃からは、音声通話もLTEを利用するVoLTEサービスが始まっており、5Gへの布石になっている

5G ～目的～

- 5G規格は、更なるデータレートの向上が求められた
⇒ 目標値20Gbps
- 既存の周波数割り当て範囲(700M～2GHz)では帯域不足で実現するのは極めて困難(事実上不可能)と考えられた
- そのため5Gでは周波数割り当ての大幅拡張が必要となり
2.5～4.5GHzの帯域 と 25～52GHzの帯域
を新たに使用することになった

5G ～目的～

- 5G規格ではOFDMに代わる新変調方式も検討された
- しかし、際立った性能向上は望めないと判断され、5G標準では4G / LTEと基本原理が同じ、CP-OFDMが採用された
- ただ「基本原理が同じ」というだけで他世代と互換性はない
- 5G上りは、4G / LTE 上りフォーマットのSC-FDMA と 5G下りフォーマットのCP-OFDMが使用可能となっている

5G ～ミリ波～

- ・ 5Gは「超高速を実現する画期的な新技術…」として話題となることが多い ⇒ しかし、5Gに使われる無線アクセス技術は基本的に4G / LTEと同じなので、高速化に関しては拡張された周波数帯域の28GHz帯(ミリ波)に依存する
- ・ ミリ波は直進性が極めて強い(遮蔽物はほぼ回折しない)ので移動機端末から基地局アンテナの見通しがなければ、速度は激減する ⇒ 屋外・屋内とも多く置局をしなければ、デッドスポットだらけになってしまう

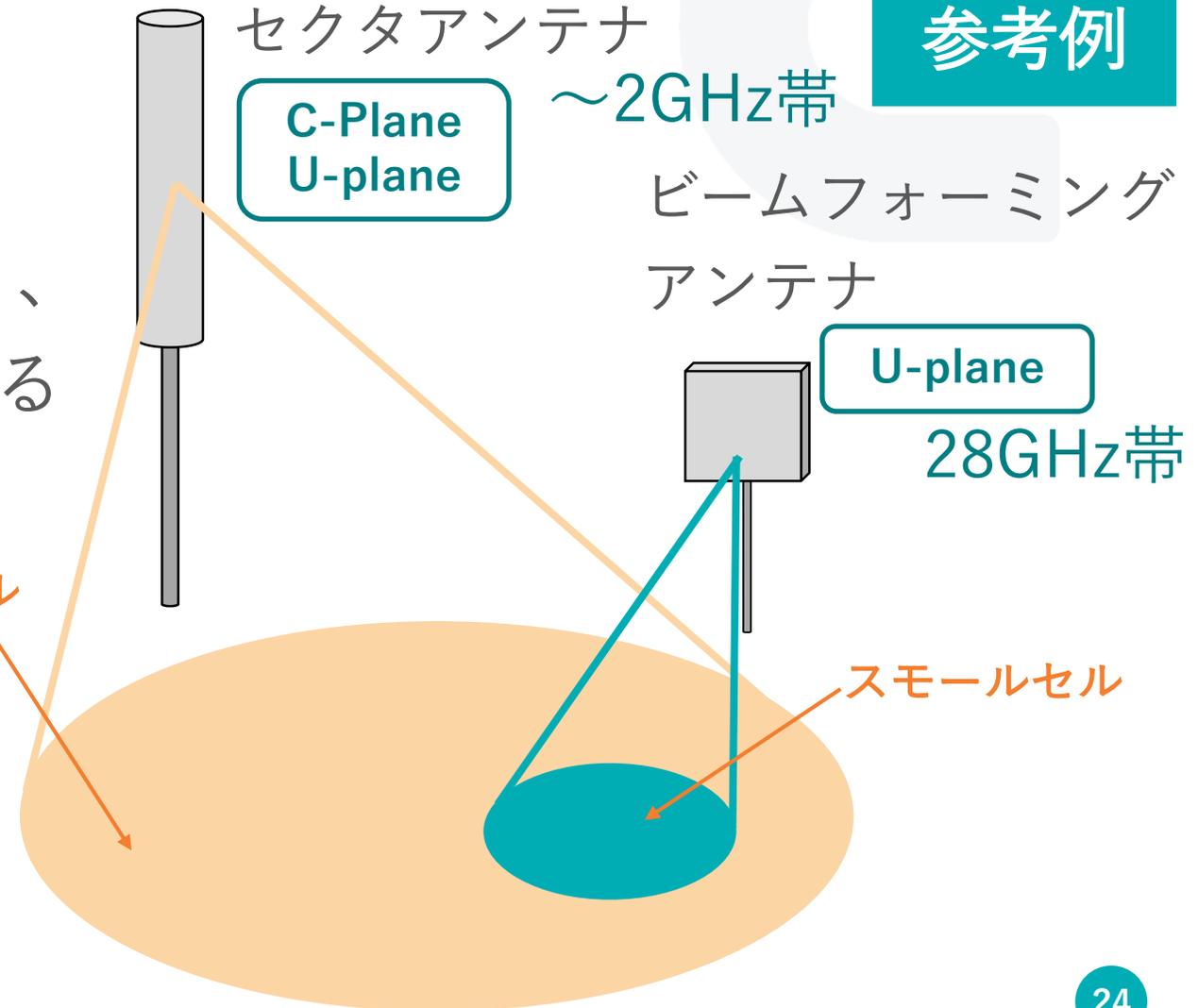
5G ～ミリ波～

セル(マクロ)でエリア化し、
その中にスモールセルを作り、
高速化(トラフィック対策)する

スモールセルは、
U-Planeのみ提供する

マクロセル

スモールセル



まとめ

- ・今までを振り返ってみると、だいたい10年間隔で新世代が登場してきている
- ・移動無線通信システムは、無線ネットワーク(電波)も重要な要素かと思います

発表内容についてご指摘・ご感想など
よろしくお願いいいたします！

つたない発表でしたが、
ご清聴ありがとうございました！

