

平成27年度研究報告書  
無線通信等による電波ばく露の定量的把握と脳腫瘍  
の罹患状況に基づくリスク評価

平成28年3月  
総務省

(以下、首都大学東京 受託分)

## 目次

I	要 旨 .....	1
II	研究目的 .....	3
III	研究方法および結果 .....	5
	ア) 電波ばく露量の定量的把握 .....	5
	ア-1 携帯電話端末からの電波ばく露量の把握 .....	5
	(1) 端末からの出力電力の特性 .....	5
	W-CDMA スマートフォンの出力電力 .....	5
	第 4 世代の VoIP 通話時の出力電力 .....	7
	(2) 頭部内の S A R 分布 .....	9
	ア-2 無線通信端末以外の発生源による電波ばく露量の把握 .....	12
	(1) 携帯電話基地局からのばく露 .....	12
	(2) 無線 L A N 端末等、他の電波からのばく露 .....	14
	ア-3 症例対照研究における電波ばく露量評価における不確かさの評価 .....	18
	イ) 脳腫瘍罹患状況の疫学的評価 .....	18
	ウ) 電波ばく露と疾病の因果関係のシミュレーション .....	18
	ウ-1 ばく露応答モデルおよび発症モデルの構築 .....	18
	ウ-2 モデルに基づくトレンドシミュレーション .....	21
	ウ-3 症例対照研究シミュレーション .....	21
	エ) 総合評価 .....	21
IV	まとめ .....	22
V	参考文献 .....	23

# I 要 旨

本研究課題の目標は、日常生活における電波ばく露の実態をより定量的に把握する方法を開発し、多様な電波による人体ばく露を、測定及び推定により定量的に示すこと、また、ばく露評価の精度が電波の健康リスク評価を目的とした疫学研究に及ぼす影響を定量的に示した上で、不確かさを考慮したばく露評価により、疫学研究の示す数値の意味を明確にすること、さらに国際的に進められている研究と連携して、健康リスク評価に貢献すること、また、発がんが長期にわたる過程であることを考慮し、電波ばく露と疾病との関連を研究する際の要件となる、電波環境のモニタリングのあり方を示すことである。

本研究は3カ年の計画で上記目標を達成する。平成27年度は、その初年度である。本研究は、全体計画としては東京女子医大との共同研究であり、疫学研究の医学的な検討は女子医大で行い、我々は、ばく露評価とシミュレーションを主に担当する。

首都大学東京においては、平成27年度の研究として、実施計画に従い、以下の検討を行った。なお、日本国内で使用できる測定器の調達に時間を要したため、27年度の研究計画の実施期間を延長し、29年3月31日までとして実施した。

## ア) 電波ばく露量の定量的把握

### ア-1 無線通信端末からの電波ばく露量の把握

#### (1) 端末からの出力電力の特性

ネットワーク解析ソフトウェア **Sigma-ML** をインストールしたスマートフォン（通信通話情報記録スマートフォン）を用いて、スマートフォン端末からの出力電力の特性を測定した。一部の測定では、高周波電磁界個人ばく露計 **ExpoM** と同時に携行することによって、基地局電波強度との関係についても考察した。

第4世代の **LTE** についても、**VoIP** による音声通話時の出力電力及び音声有り、音声無しの場合のデューティ比の測定を行った。

#### (2) 頭部内の SAR 分布

頭部 **SAR** については、国際共同研究からの要請に対応できるようにするとともに、先行研究のデータを整理した。なお、国際共同研究では、スイスで開発されたバーチャルファミリーモデルの頭部を用いているが、8歳、11歳、14歳、成人の各モデルが別の個体であるために、頭部の大きさがまちまちであり、成長に伴う変化を表していないことが問題である。そこで、情報通信研究機構が開発した、同一の個体のモデルをもとに、成長に伴う大きさの変化を成長に伴う寸法の標準値により補正したモデルを用いた場合の **SAR** 分布を計算した。

### ア-2 無線通信端末以外の発生源による電波ばく露量の把握

#### (1) 携帯電話基地局からのばく露

基地局からのばく露については、高周波電磁界個人ばく露計（ExpoM）を用いた測定を行った。27年度は、装置の導入と、次年度以降に行うデータ収集の予備測定を行う計画であった。ExpoMは欧州で開発された機器のため、国内の周波数帯に適合した機器の入手が困難であったことから計画変更により、研究期間を延長する必要があったが、最終的には機器が導入され、試験的な測定を実施した。

## (2) 無線LAN端末等、他の電波からのばく露

家庭用無線LANアクセスポイントからの電波について、さまざまな条件でその強度の距離特性を測定した。端末と接続しているだけの状態と、ファイル転送中では、電界強度のピーク値はあまり変わらないが、平均値は大きく変わることを明らかにした。アクセスポイントから比較的近距离では、基地局からのばく露と比較して同程度以上の電界強度で有り、最近の携帯電話端末では、端末の出力電力が非常に微弱になっていることから、WiFiルーターからの電波のばく露が、日常環境において無視できないレベルであることを示した。

### ア－3 症例対照研究における電波ばく露量評価における不確かさの評価

上記ア－1およびア－2を踏まえて、ばく露評価の不確かさについて定量化のためのデータの整理を行うこととしている。初年での段階では、まだデータが十分でないため暫定的であるが、フィールドで取得したデータから、その変動性の概略を把握した。

### イ) 脳腫瘍罹患状況の疫学的評価

東京女子医大で担当する課題であるが、首都大学東京として行うばく露評価に関する検討は、予定通り実施した。

### ウ) 電波ばく露と疾病の因果関係のシミュレーション

#### ウ－1 ばく露応答モデルおよび発症モデルの構築

今年度は基礎検討の段階であり、モデル及びシミュレーション手法の調査を行い、予備検討としての目標を達成した。

#### ウ－2 モデルに基づくトレンドシミュレーション

本項目についての年次計画にしたがい、利用するソフトウェアの選定等、シミュレーションの準備を行った。

#### ウ－3 症例対照研究シミュレーション

本項目についても、年次計画にしたがい、次年度以降の実施に向けて準備を進めた。

### エ) 総合評価

27年度の研究計画においては、この項目は該当しない。

## II 研究目的

本研究課題の最終的な目標は、日常生活における電波ばく露の実態をより定量的に把握する方法を開発し、多様な電波による人体ばく露を、測定及び推定により定量的に示すこと、また、ばく露評価の精度が電波の健康リスク評価を目的とした疫学研究に及ぼす影響を定量的に示した上で、不確かさを考慮したばく露評価により、疫学研究の示す数値の意味を明確にすること、さらに国際的に進められている研究と連携して、電波の健康リスクに関する研究の国際的協調に寄与し、健康リスク評価に貢献することである。また、発がんが長期にわたる過程であることを考慮し、電波ばく露と疾病との関連を研究する際の要件として、電波環境のモニタリングのあり方を示すことである。

国際がん研究機関（IARC）による、高周波電磁界ばく露が「ヒトに対して発がん性があるかもしれない」という評価については、疫学研究による証拠が「限定的な証拠」と判定されたことが重要な根拠となっている。IARCのプレスリリース[1]に述べられているように、限定的な証拠と判定されたのは携帯電話端末の使用にともなうばく露と脳腫瘍の罹患の関連性に関する証拠であり、職業的なばく露や基地局等からの電波など、環境におけるばく露についての証拠は「不十分」と判定されている。このことから、携帯電話端末の使用と脳腫瘍の罹患との関係については、より詳細な検討が必要とされている。

これまで、携帯電話端末の使用と脳腫瘍の罹患との関連についての研究は、主に症例対照研究によって行われてきた。このような分析疫学によるアプローチが引き続き重要である一方で、症例対照研究における調査対象の選択や情報の偏り、ばく露評価の精度の限界による誤分類に起因する誤差について、十分に考察する必要性が指摘されている。IARCの研究者からは、今後の道筋として、症例対照研究が示唆する結果について、その再解析が必要であり、また記述疫学による時系列トレンドと症例対照研究の結果の一貫性の検証が必要との指摘がなされている[2]。実際に、IARCの研究者は、北欧における神経膠腫の罹患率の時系列トレンドが、症例対照研究の示唆するリスクの増加と一貫しないことを報告している[3]。

これらの指摘を踏まえて、本研究では、国際共同研究として実施されている症例対照研究に寄与しつつ、わが国における脳腫瘍罹患率の時系列トレンドと電波ばく露の状況のトレンドを解析し、両者の整合性についての考察を行う。具体的には、国際的に協調して行われる症例対照研究（欧州の GERoNiMO、Mobi-Kids の日韓連携研究）のデータ解析をこれまでの実績を踏まえて継続し、国際共同研究に寄与すること、これと並行して、症例対照研究のばく露評価を再検討し、携帯電話端末の使用による電波ばく露が実際にはどの程度であり、累積通話時間などで表されるばく露の指標が、実際のばく露をどの程度反映し、どの程度の不確かさが含まれるのか、その不確かさが疫学研究の結果にどのような影響を及ぼすか、という考察を行う。考察では、症例対照研究及びトレンド解析のそれぞれについて、さまざまなシナリオを仮定したシミュレーションを行い、リスクに関して想定されるシナリオと実際のデータとの整合性を比較検討する。

電波のばく露が健康リスクである可能性についての疫学研究による根拠は非常に弱いとされ

るが、結論の曖昧さのために、電波に対する不安が払拭されず、人体防護が適切になされていないという懸念も解消されない。このような状況の背景には、定量的に議論を行うためのわかりやすいデータが不十分であることがあげられる。本研究では、日常の環境における多様な電波による人体ばく露を、測定及び推定により定量的に示すこと、ばく露評価の精度が電波の健康リスクに関する疫学研究に及ぼす影響をわかりやすく定量的に示すことにより、電波の生体安全性についての理解を深めることを目的とする。

### III 研究方法および結果

#### ア) 電波ばく露量の定量的把握

##### ア-1 携帯電話端末からの電波ばく露量の把握

##### (1) 端末からの出力電力の特性

###### W-CDMA スマートフォンの出力電力

先行研究において通話情報記録端末（SMP）を用いて測定したデータとして、198名の被験者による1ヶ月間の使用データがあり[4]、第3世代のCDMA2000の出力電力特性については明らかにされている。追加すべきデータとして、CDMA2000とともにわが国で利用者の多いW-CDMA方式の第3世代端末の出力電力の確認がある。このために、ネットワーク解析ソフトウェアSigma-MLをインストールしたスマートフォン（通信通話情報記録スマートフォン）を用いて、W-CDMA方式のスマートフォン端末からの出力電力の特性を測定した。

一部の測定では、高周波電磁界個人ばく露計ExpoMと同時に携行することによって、基地局電波強度との関係についても考察した。

第4世代のLTEについても、VoIPによる音声通話時の出力電力及び音声有り、音声無しの場合のデューティ比の測定を行った。

図1に八王子市から中央線を利用して都心に行き、都心を移動の後に京王線を利用して八王子市に戻る経路で測定した、Sigma-MLによるW-CDMA方式のスマートフォン端末の出力電力の変動を示す。

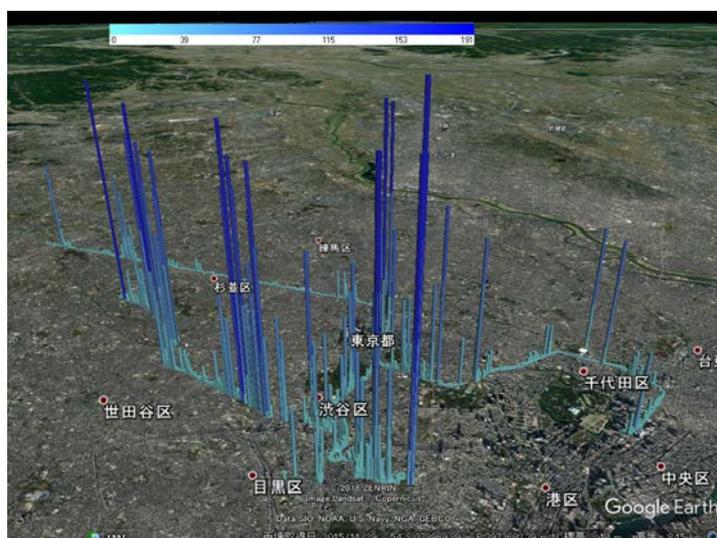


図1 通信通話情報記録スマートフォン端末による出力電力の測定結果例

移動中にはハンドオーバーよると思われる急峻な出力のピークが見られるなど、これまでの報告事例と整合した傾向が見られる。端末からの出力が端末利用地域の人口密度と逆相関の関係にあるという報告[5]もあるが、そのような単純な関係性はここでの測定からは認められなかった。その理由として、文献[5]の測定は全国で行われたもので、人口密度の極端に低い山

間部と、住宅の密集した地域の違いによって概略の傾向が形成されていたが、本測定が行われた地域は都心と首都圏の郊外の範囲で山間部のような場所は含まれず、都心では居住人口密度は小さくても、昼間の人口が多いため、基地局の密度が高いことが挙げられる。

本測定では、GPS 信号を利用して図 1 のように地図上にデータを書き込むことで、位置情報と端末出力電力の情報を連結して測定可能であることが確認できた。但し、測定時間に継続して通話状態を維持しようとしても、注意深く確認していないと通話が中断してしまう場合があることなどの課題も明らかとなった。

図 2 は、Sigma-ML で記録された、屋内と屋外における端末の出力電力の分布である。ここで屋外は電車での移動時間を除いた徒歩での移動時のもので、すべて都心の繁華街である。屋内としているのは、都心の図書館（30 分間滞在）、百貨店（22 分滞在）、商業ビル内（33 分滞在）での測定結果である。屋外での出力に比べて屋内における出力は、非常に小さい場合が多いが、比較的大きな場合もあることがわかる。後述の、基地局の電波強度測定の結果と合わせると、図書館のように屋内に基地局が設置されていない施設では受信電波が弱く、また端末出力も大きく、一方、商業施設や百貨店など、屋内にマイクロセルの基地局が設置されているところでは、基地局と端末が近接するために送信電力が非常に小さいと解釈できる。

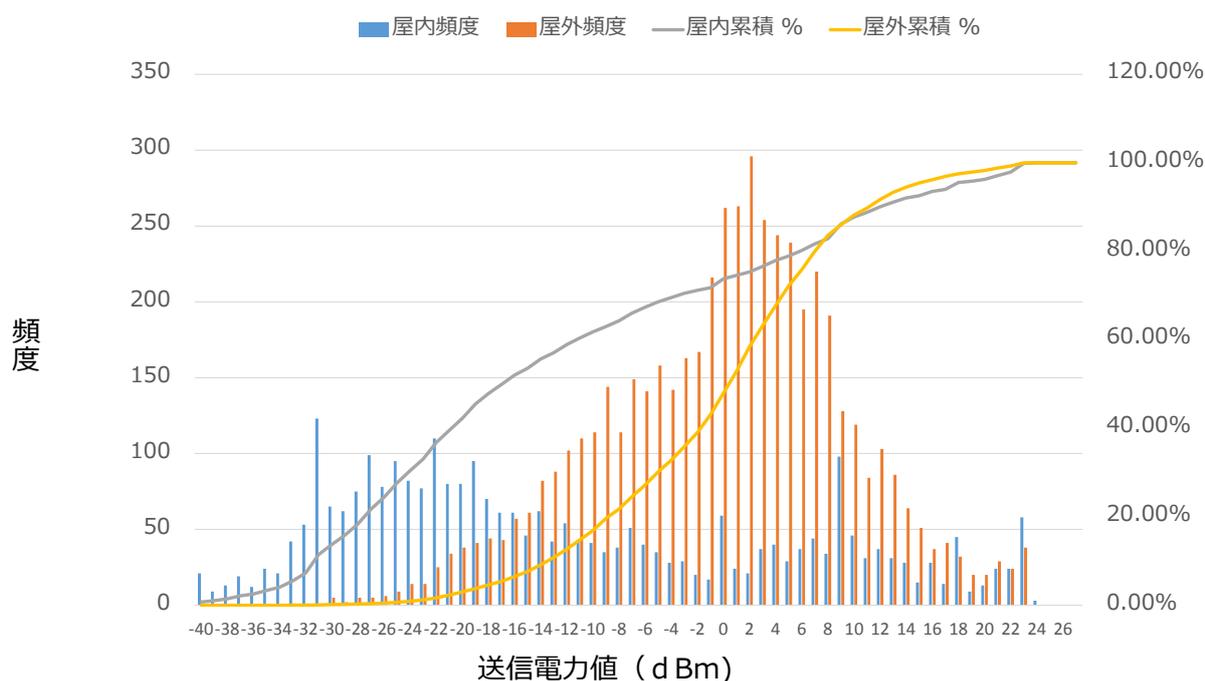


図 2 屋内及び屋外における第 3 世代スマートフォン端末からの出力電力の分布

27 年度は予備測定の位置づけであり詳細な解析は 28 年度に実施する予定であるが、端末の出力電力特性は、端末からのばく露が他の発生源からのばく露と比べてどの程度支配的であるかを判断するための重要な情報である。Sigma-ML を用いることで、W-CDMA についても出力電力の測定を行うことができることが確認された。これらの結果を踏まえて、次年度に詳

細な解析を行う予定である。

#### 第4世代のVoIP通話時の出力電力

第4世代の携帯電話の普及が進んでいる。第4世代では、音声通話であってもパケット通信を用いたVoIP方式（VoLTE）での伝送が行われる。この時の出力の特性については情報がほとんどないので、出力電力の特性について、予備的な検討を行った。平均出力電力を求めるためには、パケット通信波形のデューティ比と、ピーク電力の情報が必要である。

デューティ比を求めるために、リアルタイムスペクトラムアナライザ（Specat2, NEC社製）を使用し、LTE通信方式を使用した携帯電話端末通話時のタイムドメイン解析を行い、時間波形を観測した。また、ピーク電力を求めるために、前述のスマートフォン端末の通信通話情報記録測定ツールSigma-MLで24時間にわたる定点測定を行い、LTE通信方式を使用した携帯電話端末からの送信電力値を測定し、平均送信電力値を求めた。これらの測定データから実環境におけるLTE通信方式使用時の平均送信電力値を推定した。スマートフォン端末は、Sigma-MLをインストールしてあるGalaxy S6 Edgeを用いた。

表1：リアルタイムスペアナ（Specat2）測定条件

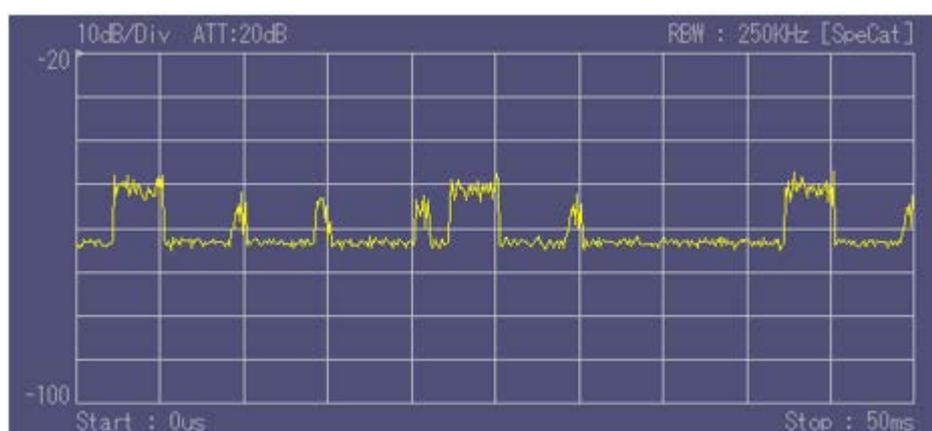
解析方法	ゼロスパン解析
中心周波数	1950MHz
測定帯域	24MHz
RBW	250kHz
サンプリング時間	100 $\mu$ s
取得時間	100ms, 50ms, 10ms

音声の有無によってデータ量が異なるので、音声ありの場合と音声無しの場合のそれぞれの条件で測定する必要がある。音声ありの条件は、パソコンから動画（ある商品の説明を人の声で6分程度行うもの）を再生し、スピーカーからの音声端末のマイクフォンに十分な音量で到達するようにした条件とした。

Sigma-MLを起動し、Sigma-MLの測定モニタで通信方式、ダウンリンクの周波数帯を確認した。ここで、ダウンリンクの周波数を用いた理由は、Sigma-MLではアップリンクの周波数は常時表示されないためであり、アップリンクの周波数帯はダウンリンクの周波数帯と同じと仮定したことによる。「音声無し」とは、意図的にスピーカーに向かって音声を発する事をしなかった状態としている。測定結果の一部を以下に示す。



(a) 音声無し



(b) 音声有り

図 3 音声無し（上段）音声あり（下段）のときの送信電力の時間特性。  
横軸は時間で表示されている測定時間は 50ms。

測定したそれぞれ 100ms の電力の時間波形から、デューティ比を推定すると、音声無しの場合が 6.4%、音声有りが 18%であり、会話が双方向で同じ割合であると仮定して平均をとれば、デューティ比は約 13%となった。より多くのデータを用いた評価が必要であるが、デューティ比はおよそ 10%程度のオーダーであることが推定された。

次に LTE 通信時のスマートフォン端末からの送信電力値を測定した。Sigma-ML をインストールしたスマートフォンを LTE 回線で音声通話の状態とし、定点にて 24 時間にわたる出力電力を記録した。

スマートフォン端末の送信電力値ヒストグラムと累積度数分布を図 4 に示す。全ての時間帯において、携帯電話端末の通信方式は LTE、ダウンリンク周波数帯は 1.5GHz 帯であった。

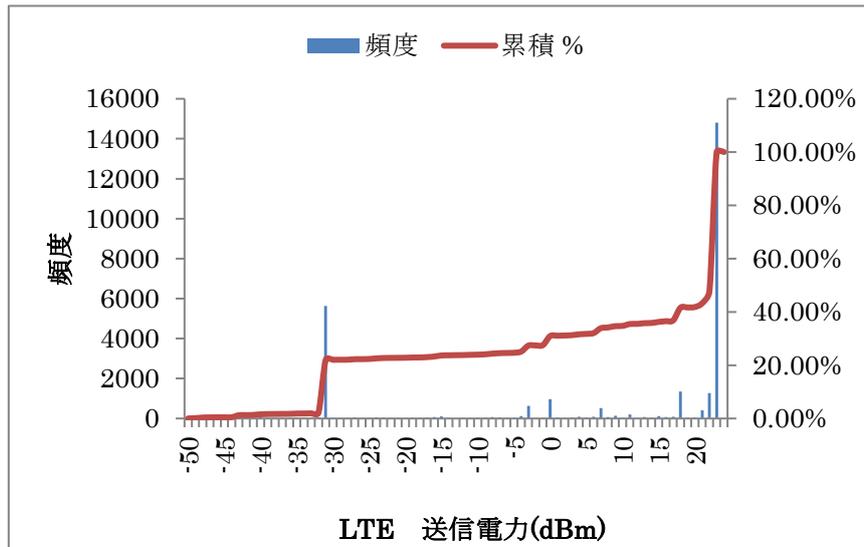


図4 LTE 通信時で通話中（音声無）の携帯電話端末からの送信電力値  
ヒストグラムと累積度数分布

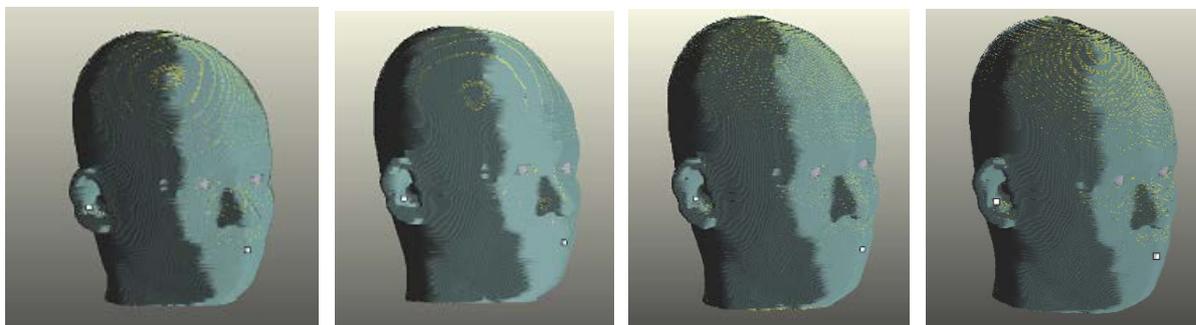
図4からわかるように、この測定では、約20%が-32 dBm、約60%が23 dBmと2つの電力値に集中している。より多くのデータを用いて判断する必要があるが、ここでの測定結果によれば、出力電力のピーク値の平均値が120mW (20.75dBm)、中央値が160 mW (22 dBm)と比較的大きな値であった。これらにデューティ比を考慮することにより、平均出力電力が求められる。予備測定の結果であるが、今回の測定結果からは、平均ピーク電力が118 mWでデューティ比が13%として、平均出力電力が約15 mWとなった。これまでの検討の結果、第2世代のPDC方式の端末の通話時における平均出力電力が100 mW程度、第3世代のCDMA2000方式の端末の平均出力電力が約1mWのオーダーと推定されているが、LTEによる音声通話は、10mWのオーダーとなることが示唆された。この結果については、今後さらにデータを増やして確認する必要がある。

## (2) 頭部内のSAR分布

頭部SARについては、国際共同研究からの要請に対応できるようにするとともに、先行研究のデータを整理した。国際共同研究では、スイスで開発されたバーチャルファミリーモデルの8歳、11歳、14歳、成人の各モデルの頭部を用いて年齢の違いを考慮したばく露評価を行うことが決定されている。腫瘍の位置に対応づけるためのアルゴリズムを国際共同研究のばく露評価分科会で検討しているが、4つの頭部モデルを重ねたレファレンス・ブレインという考え方が提唱されている。このレファレンス・ブレインを用いて、腫瘍位置での累積SAR値の算出を行うアルゴリズムの検討が行われている。但し、国際共同研究の方法については、詳細は非公開とされている。

国際共同研究では年齢の異なるモデルが別の個体のMRI画像を元に作成されているために、頭部の大きさがまちまちであり、成長に伴う変化を表していないことが問題である。そこで、

国内研究としては、情報通信研究機構が開発した日本人の標準体型の人体モデル TARO[6]をもとに、成長に伴う大きさの変化をボリュームモーフィングにより、成長に伴う寸法の標準値となるように補正したモデル[7]を用いて、SAR 分布の計算を行った。図 5 に作成されたモデルの頭部を示す。



(a) 7 歳 (b) 11 歳 (c) 15 歳 (d) 20 歳

図 5 Taro モデルをボリュームモーフィングにより縮小した年齢別モデル

SAR 分布の計算に用いる波源として、フリップ型の W-CDMA 端末（機種 A）とバータイプの GSM 端末（機種 F）を用いた。GSM 端末（機種 F）は、国際共同研究において共通の端末を用いて比較を行うためのモデルである。

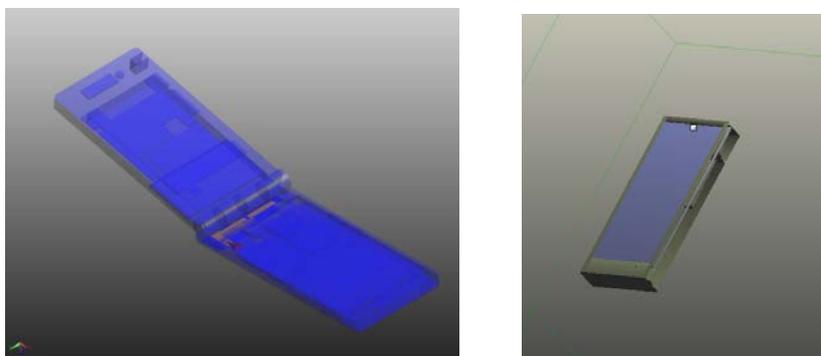
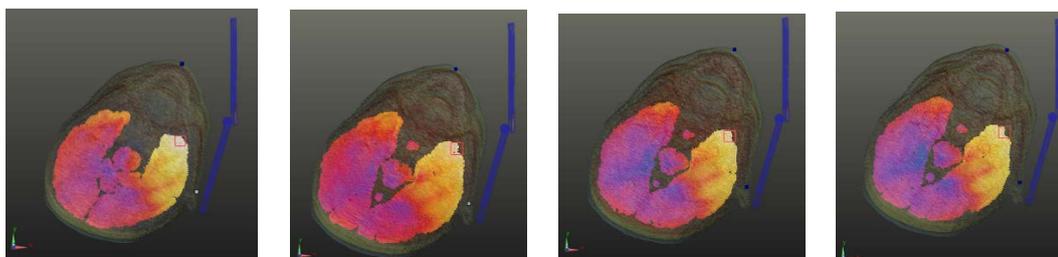


図 6 端末の数値モデル

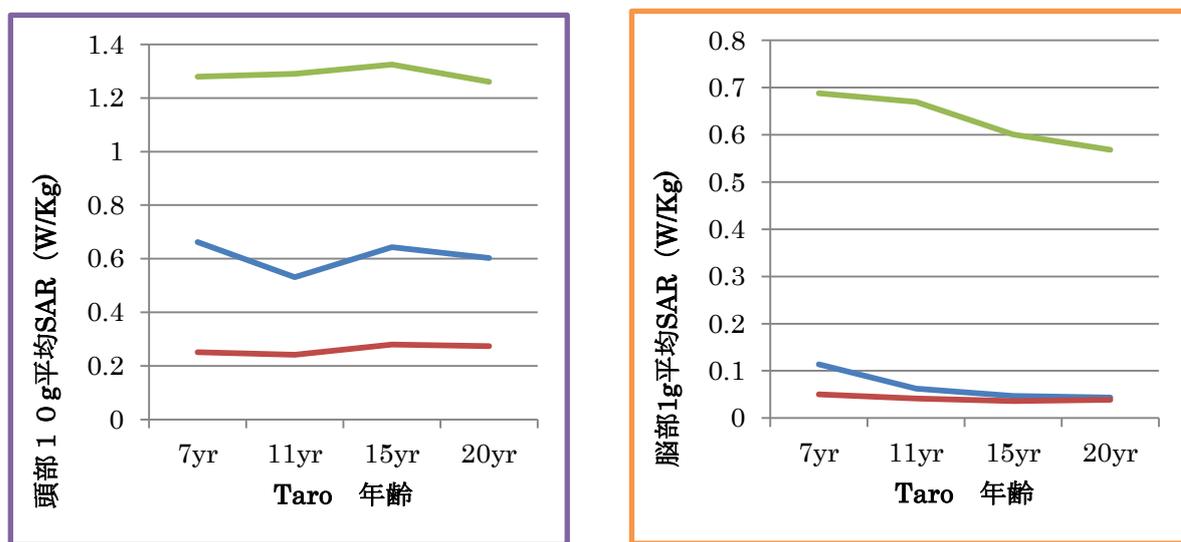


(A) 9 歳モデル (B) 11 歳モデル (C) 14 歳モデル (D) 20 歳モデル

図 7 各年齢の日本人モデルにおける端末機種 A による SAR 分布

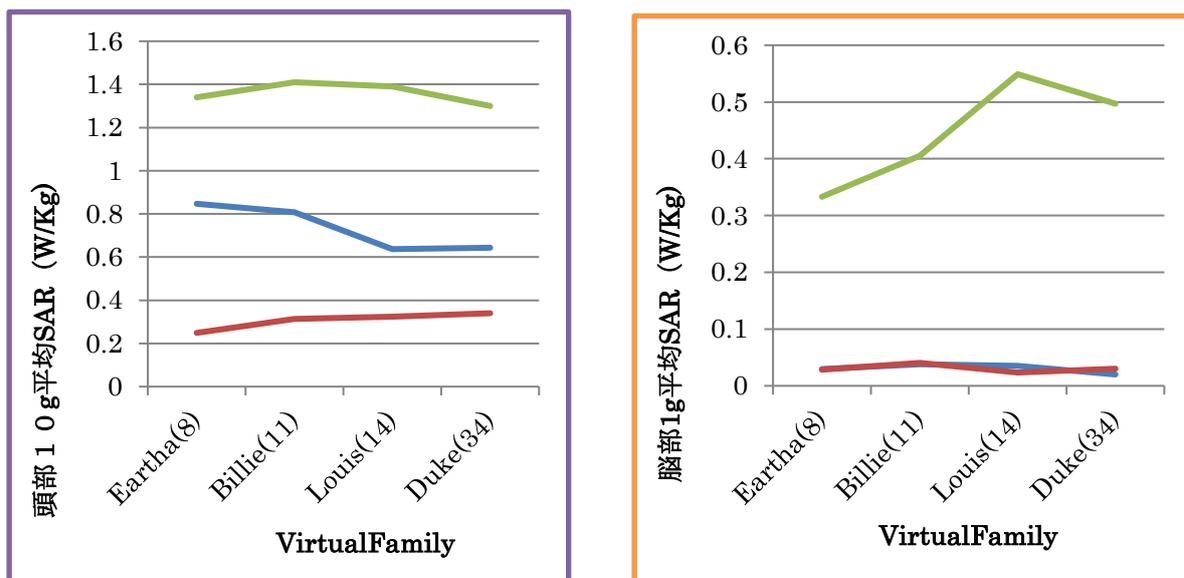
図 8 にボリュームモーフィングで作成した各年齢の日本人モデルの脳における 1g 平均 SAR の最大値及び脳平均 SAR のモデルによる違いを示す。脳の 1g 平均 SAR の最大値は、頭部が一貫した成長を示すボリュームモーフィングモデルであっても、単調に変化するわけではなく、頭部及び脳の形状と端末の形状によるアンテナの相対的な位置で決定されるので、予測が難しい。一方、脳平均 SAR はこの例で見る限り、頭部の成長にともない、単調に減少している。なお、この計算において、出力電力の設定については任意性があるので機種間の絶対値の比較には注意が必要である。

図 9 に国際共同研究で用いる Virtual Family に対する同様のグラフを示す。Virtual Family モデルでは、個体の異なる MRI 画像データをもとに作成されており、年齢とともに、頭部の形状が異なり、大きさも一貫して成長していない。このため、脳平均 SAR が年齢とともに増減を示している。



— : 機種 A (1950MHz)    — : 機種 A (835 MHz)    — : 機種 F (900MHz)

図 8 ボリュームモーフィングで作成した各年齢の日本人モデルの脳における 1g 平均 SAR の最大値 (左) 及び脳平均 SAR (右)



— :機種 A (1950MHz)    — :機種 A (835 MHz)    — :機種 F (900MHz)

図9 Virtual Family モデルの脳における 1g 平均 SAR の最大値 (左) 及び脳平均 SAR (右)

## ア-2 無線通信端末以外の発生源による電波ばく露量の把握

### (1) 携帯電話基地局からのばく露

基地局からのばく露については、高周波電磁界個人ばく露計 (ExpoM) (図 10) を用いた測定を行う。27 年度の実施計画では、装置の調達と、次年度以降に行うデータ収集の予備測定を行う計画であった。ExpoM は欧州の研究者が開発した測定器であり、欧州における周波数割当に対応した 16 の周波数帯で電界強度を記録する。日本国内では周波数割当が異なるため、国内の周波数帯に適合した機器が必要であったが、入手が困難であったことから調達が遅延し、計画変更により期間を延長する必要があった。最終的には、機器が導入され、試験的な測定を実施した。



図 10 高周波電磁界個人ばく露計 ExpoM

図 11 は、前述の Sigma-ML による測定 (ア-1, (1)a 参照) と同じ経路で測定した ExpoM による携帯電話基地局からの電波強度である。京王線車内では、Sigma-ML によ

る測定に用いたスマートフォン端末では取得できた GPS 信号が、ExpoM では受信できなかったため、その区間のデータが欠落しているが、ExpoM と Sigma-ML の同時使用によって、アップリンクとダウンリンクの電波強度の関係についての情報を取得ができることが示された。

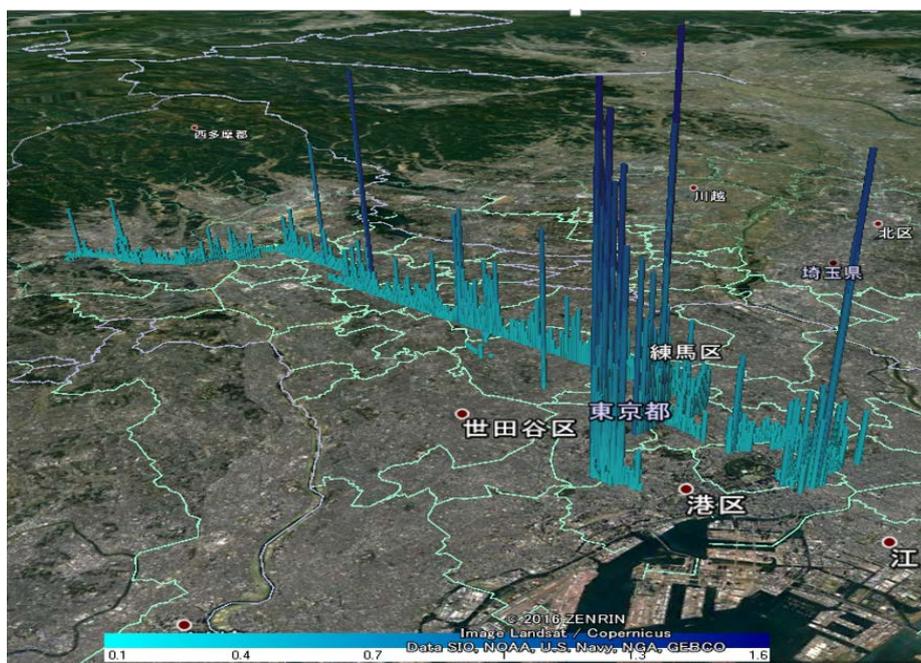


図 11 ExpoM で取得した携帯電話基地局からの電界強度

図 12 は、移動経路において、屋内と屋外での基地局からの電波強度の違いを、電界強度のヒストグラムで示したデータである。この測定において屋内とは、都心部の図書館（30分滞在）、百貨店（22分滞在）、商業ビル（33分滞在）であり、住宅は含まない。屋外は、都心の屋外を徒歩で移動中のデータで合計 87 分間のデータである。屋内は屋外と同様の分布と、非常に微弱な分布の二峰に分かれている。微弱なのは図書館内であり、商業施設内は屋内に基地局が設置されているために、屋外と同様の電波強度になっていると解釈できる。

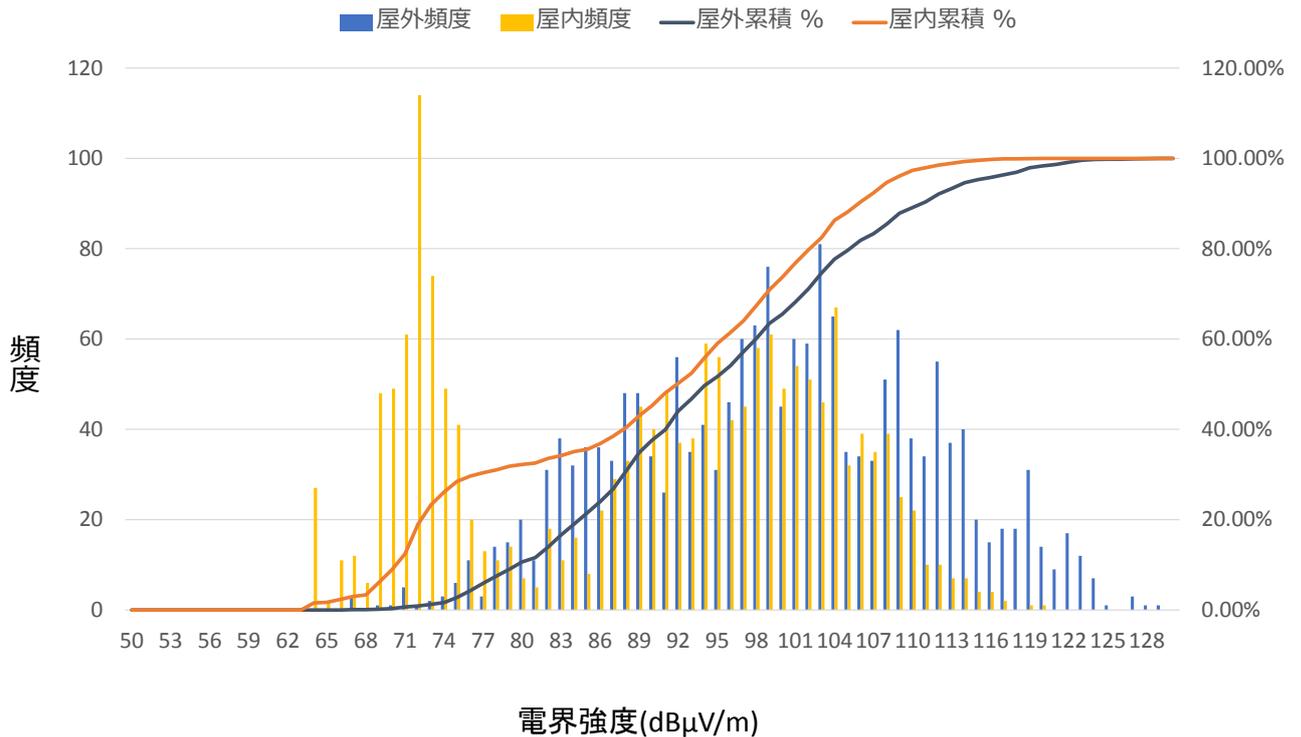


図 12 屋内と屋外での基地局からの電波の電界強度分布

本予備測定を踏まえて、次年度以降の実施計画において、より多くのデータ収集を行う。

## (2) 無線 LAN 端末等、他の電波からのばく露

無線 LAN の普及により、ほとんどの家庭で無線 LAN のアクセスポイントが置かれるようになっている。日本の家屋では、アクセスポイントが人体に比較的接近して設置されることが多いと考えられるので、アクセスポイントからの電波ばく露について検討を行った。

Wi-Fi ルーターの使用状況は様々であり、Wi-Fi ルーターから発生する電界強度は使用状況によって変化すると考えられる。そのため、使用状況によって電界強度がどのように変化するかを確認するための測定を行った。

測定は首都大学東京の学内の実験室に Wi-Fi ルーターを 1 台設置して行った。Wi-Fi ルーターは CG-WFR600 (Corega 社製) を用いた。対応する無線 LAN 規格は IEEE 802.11ac/n/g/a/b の 5 種類である。アンテナは 2.4 GHz 帯と 5 GHz 帯のものがそれぞれ 1 本備わっている。使用する規格及びチャンネルは Wi-Fi ルーター側で設定でき、2.4 GHz 帯の 11n と 11g(中心周波数 2.437 GHz) 及び 5 GHz 帯の 11n(中心周波数 5.24 GHz) の 3 種類を用いた。測定器はスペクトラムアナライザ SRM-3006 と 3 軸電界プローブ 3502/01 型 (Narda S.T.S 社製) を用いた。スペクトラムアナライザの設定は、分解能帯域幅(RBW) を Wi-Fi の 1 つのチャンネルの帯域幅である 20MHz とし、測定中心周波数を測定するチャンネルの中心周波数とした。測定はレベルレコーダーモード(ゼロスパンモード)で行った。また、Wi-Fi

ルーターとプローブの高さは、床面からそれぞれ 0.60 m、0.66 m とした。以上の条件で、下記の(1)～(5)の 5 条件の使用状況における Wi-Fi ルーターからの電界強度を測定した。

- (1) Wi-Fi ルーターのみ電源がオン
- (2) ノート PC3 台が Wi-Fi ルーターに無線接続中でデータの送受信無し
- (3) ノート PC1 台が動画ファイルをダウンロード中
- (4) ノート PC2 台が動画ファイルをダウンロード中
- (5) ノート PC3 台が動画ファイルをダウンロード中

使用状況(2)～(5)で測定するときは、無線接続するノート PC とは別に、ノート PC1 台を有線で Wi-Fi ルーターに接続しサーバーとして使用した。なお、動画のダウンロードはファイル共有での転送で代用した。ルーターとプローブの距離を 0.2 m で固定し、3 分間での電界強度の最大値と実効値を測定した。測定の概略の様子を図 13 に示す。

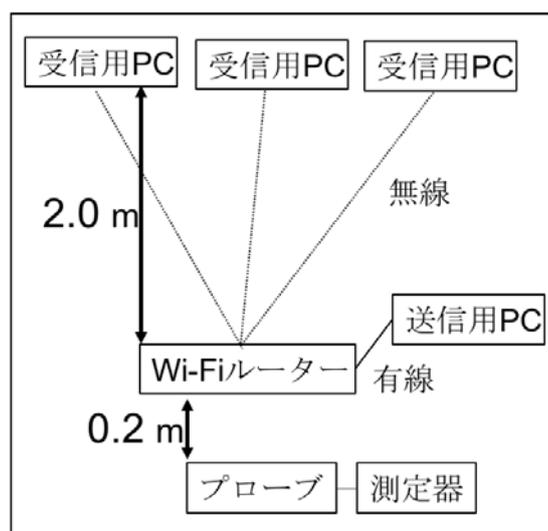


図 13 測定時の機器の概略の配置

測定の結果、最大値（ピーク値）はノート PC の無線接続の有無（図 14）、実効値はファイル転送の有無による違いが見られた（図 15）。これらの違いについては、図 16 に示す時間波形から理解できる。すなわち、接続することにより、高ピーク値の制御信号が発生し、ピーク値が大きくなる。但し、ファイル転送がなければ、制御信号以外のレベルが小さい。これに対し、ファイル転送中は高振幅の信号が継続するので、実効値が大きくなる。

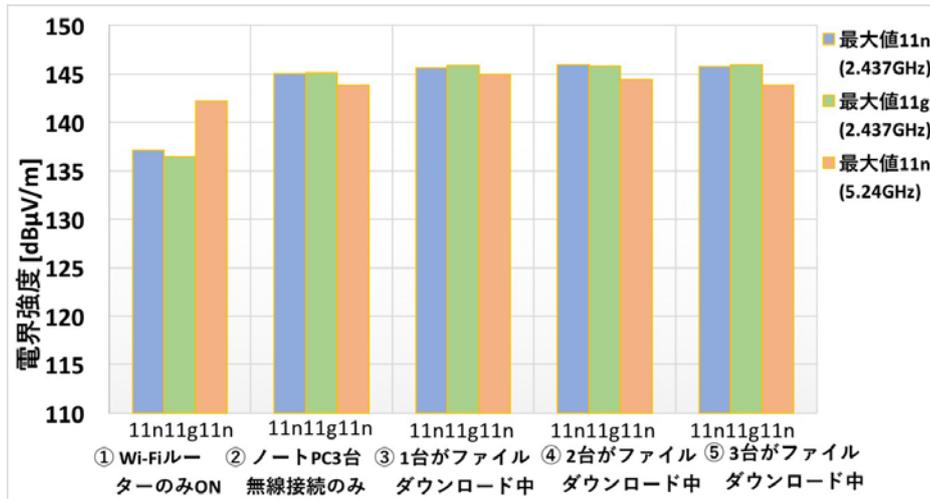


図 14 電界強度の最大値（ピーク値）

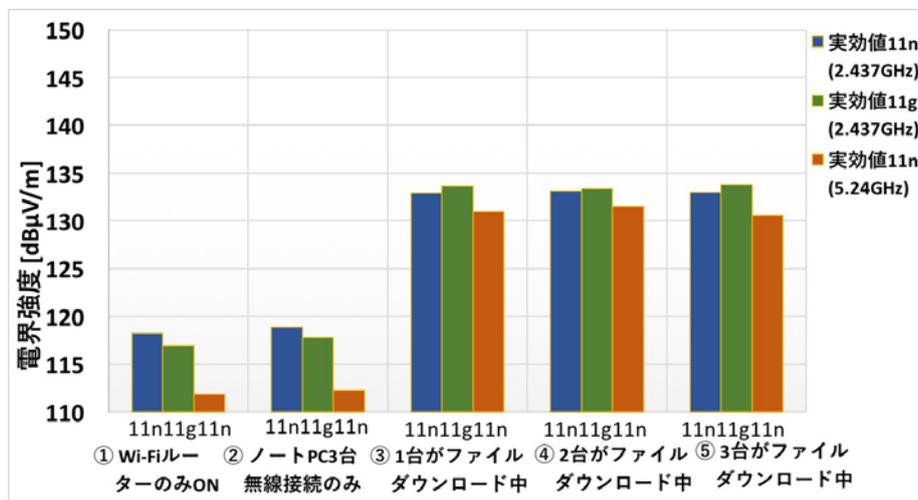


図 15 電界強度の実効値

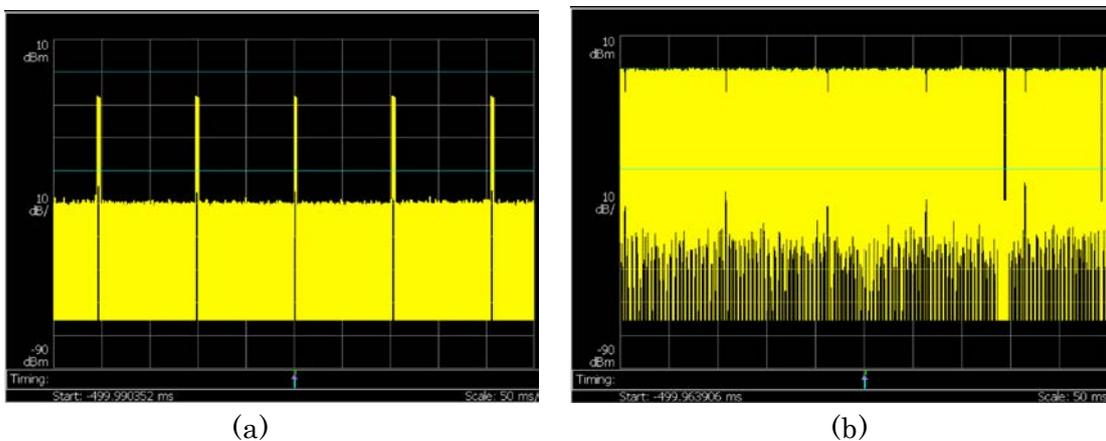


図 16 無線 LAN ルーターからの電波の時間波形。(a) 接続のみ (b) ファイル転送中

使用状況は最大値と実効値が共に低い使用動作状況(1) と、最大値と実効値が共に高い使用状況(3) とした。機器の配置は図 13 と同様で、ルーターとプローブの距離を 0.2~8.0m のさまざまな距離とした。各測定距離で 3 分間測定し、電界強度の最大値と 3 分間平均の実効値を測定した。

実効値についての測定結果を図 17 に、最大値（ピーク値）についての測定結果を図 18 に示す。距離減衰の特性はほぼ共通で、0.2 m における電界強度に比べて、1 m では 10~14dB の減衰、8 m では 24~27DB の減衰であった。

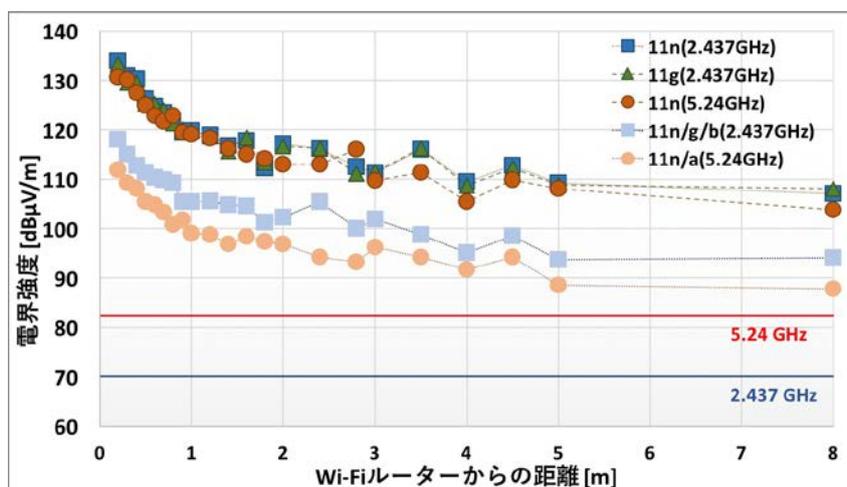


図 17 電界強度（実効値）の距離依存性。11n/g/b (2.437GHz)と 11n/a (5.24GHz)が接続のみ、他はファイル転送中。

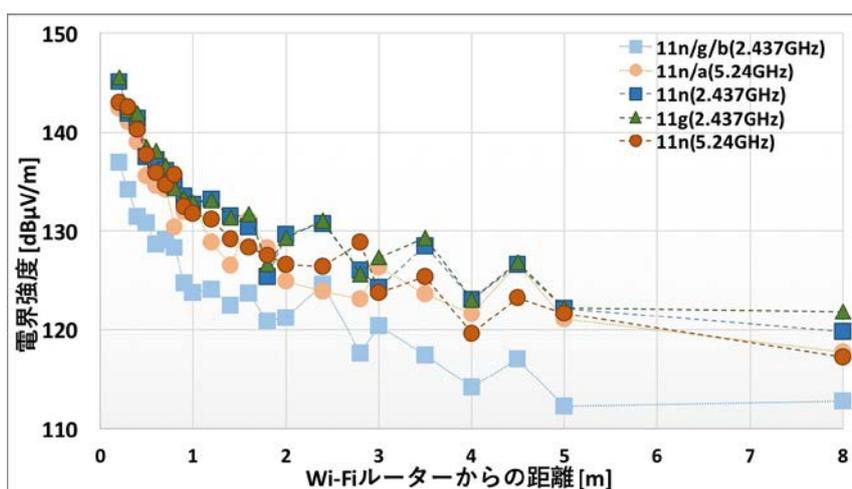


図 18 電界強度（最大値）の距離依存性。11n/g/b (2.437GHz)と 11n/a (5.24GHz)が接続のみ、他はファイル転送中。

図 19 のように、電界強度の距離特性を両対数グラフで表し、距離依存性を傾きから求めると、電界強度の減衰は、距離に対して約マイナス 0.8 乗で減衰している。

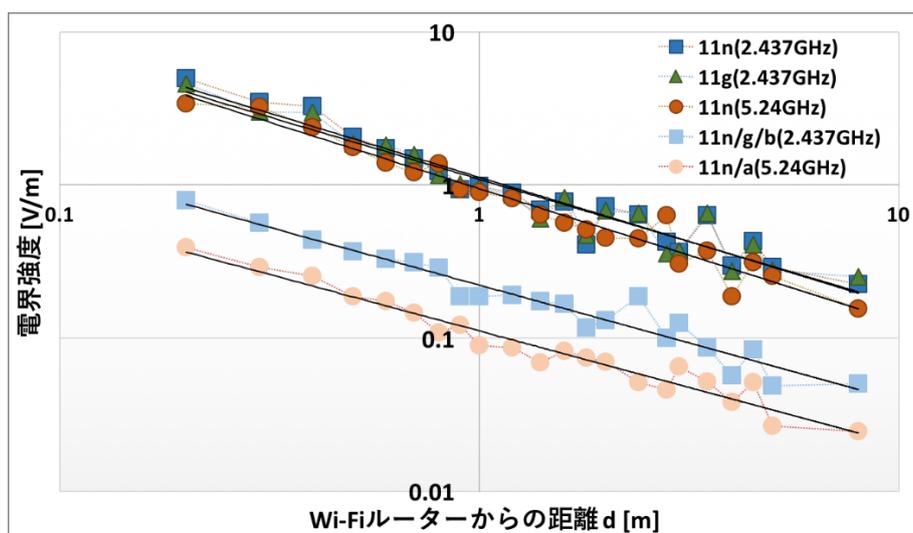


図 19 両対数で表した電界強度（実効値）距離依存性

### アー 3 症例対照研究における電波ばく露量評価における不確かさの評価

上記アー 1 およびアー 2 を踏まえて、ばく露評価の不確かさについて定量化のためのデータの整理を行うことが課題である。今年度の結果では、まだデータが十分でないために概略の傾向しか整理できないが、端末からの出力電力が非常に大きく変動していることが明らかとなり、第 3 世代では第 2 世代までに比べて非常に出力電力が小さいこと、第 4 世代では第 3 世代より大きい、第 2 世代より一桁小さいことがわかった。出力の変動性については、屋内の方が屋外より送信出力電力が高い傾向があるものの、屋内でもマイクロセルの基地局のある商業施設内では屋外よりも送信出力電力が非常に小さいことがわかった。

一方、端末以外の発生源からの電波ばく露については、基地局からのばく露、WiFi アクセスポイントからのばく露などが決して小さくないと考えられることが示唆された。

これらより、携帯電話端末の使用時間だけでは正確なばく露量を知ることが困難であることが示唆され、今後のさらなる検討が必要であると考えられる。

### イ) 脳腫瘍罹患状況の疫学的評価

疫学的評価は東京女子医大で担当する課題である。首都大学東京としてはばく露評価を担当する。国際共同研究で行っているばく露評価について、スペイン事務局およびフランス、韓国の研究チームと連携して、検討を行った。なお、国際共同研究の具体的な内容については、国際共同研究として公開されるまでは、各国の研究グループが公開してはならない、という申し合わせとなっている。

### ウ) 電波ばく露と疾病の因果関係のシミュレーション

#### ウー 1 ばく露応答モデルおよび発症モデルの構築

携帯電話端末の使用による脳腫瘍リスクに関する疫学研究において、さまざまなばく露応答

関係を仮定した場合の、個人および集団における脳腫瘍の発症を、ばく露応答関係を仮定した確率過程としてモデル化する。実施計画では、27年度は数理モデルについて基礎検討を行うこととなっており、以下のように基礎検討を行った。

個人のがん発症シミュレーションで用いる発がん過程のモデルを調査した。多段階発がんモデルには Armitage-Doll モデル[8]や Two-Stage モデル[9]など、いくつかのモデルが存在するが、パラメータが少なく扱いやすいモデルである Armitage-Doll モデルについて検討した。

図 20 に Armitage-Doll モデルを示す。Armitage-Doll モデルは 1 つの細胞が  $k$  回変化してがん化するとした多段階発がんモデルで、細胞分裂や細胞死は考慮していない。そのためパラメータが少ない。パラメータは対象とする部位の細胞数  $N$  とがん化に必要な変化の回数  $k$  と変化の瞬時発生率（変化の起きやすさ） $\lambda_i$ がある。このモデルでは、 $N$  個の細胞の内、初めて 1 個の細胞が  $t$  歳でがん化する確率  $f(t)$  は式(1)で表される。ここでは、簡単のために  $\lambda_i = \alpha$  とした。以後、1 回も変化していない細胞を状態 1 の細胞、1 回変化した細胞を状態 2 の細胞、2 回変化した細胞を状態 3 の細胞と呼ぶことにする。

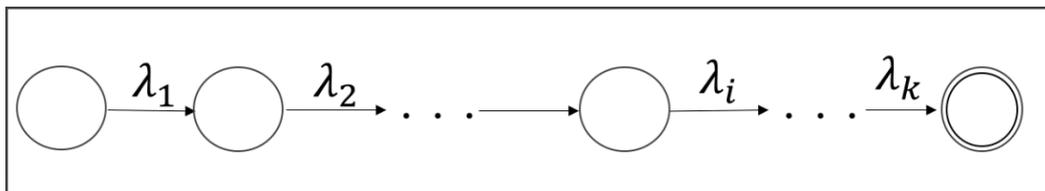


図 20 Armitage-Doll モデル

$$f(t) = N \frac{\alpha^k t^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\alpha t} \quad (1)$$

式(1)のパラメータを日本人男性の 1983-1988 年の年齢別の脳・中枢神経系のがんの罹患率[3]の平均値より最小二乗法を用いて求めた結果、 $k = 3, N\alpha^3 \approx 1.45 \times 10^{-5}$ となった。図 21 に日本人男性の 1983-1988 年の年齢別の脳・中枢神経系のがん罹患率[10]の平均値と、上記のパラメータの値を代入した式(1)を示す。20 歳以上で Armitage-Doll モデルがフィットしている。

INTERPHONE の症例対照研究[11]は 30-59 歳を対象としている。そのため、ウー 2 のトレンドシミュレーションでは 30-59 歳の解析を行う予定なので、20 歳以上でフィットしていれば良いと思われる。

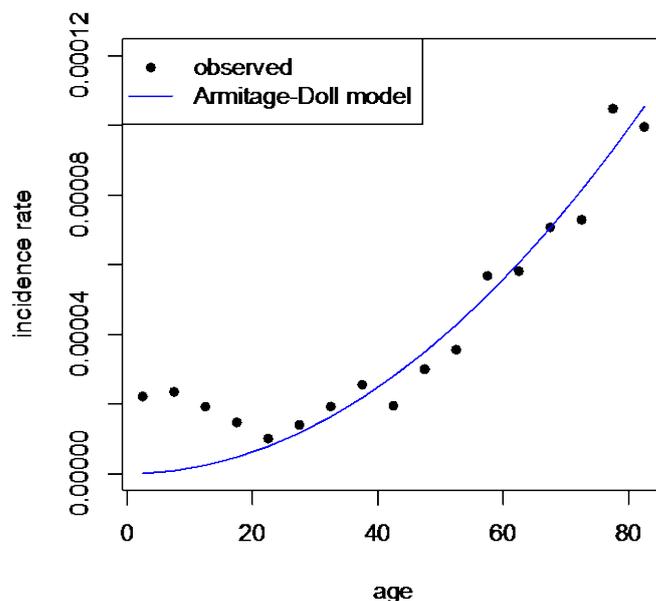


図 21 日本人男性 30-59 歳の脳腫瘍罹患率(1983-1988 年の平均値)

次に、ばく露応答モデルについて調査した。ばく露がある場合、細胞の変化の瞬時発生率 $\lambda_i$ が大きくなるとする[12]。ばく露がある場合の瞬時発生率 $\lambda_i$ を式(2)に示す。

$$\lambda_i(t) = \alpha_i + \beta_i d(t) \quad (2)$$

パラメータ $\alpha_i$ は、ばく露がない時の瞬時発生率、 $\beta_i$ はばく露の寄与の程度、 $d(t)$ は年齢 $t$ でのばく露量を表す。高周波電磁界がどの状態の細胞に寄与するかわからないので、様々なパターンでウー2を行う。例として、20歳から状態1の細胞の変化の瞬時発生率 $\lambda_1$ のみ2倍、20歳から状態2の細胞の変化の瞬時発生率 $\lambda_2$ のみ2倍、20歳から状態3の細胞の変化の瞬時発生率 $\lambda_3$ のみ2倍になった場合に、ばく露がない場合と比較して、がんの発症リスクが何倍になるか(相対リスク)を図22に示す。状態1の細胞のみばく露の影響を受ける場合(青い線)、相対リスクはゆっくり上昇している。状態3の細胞のみばく露の影響を受ける場合(赤い線)は、ばく露を開始した時点で急激に相対リスクは2倍になっていることがわかる。

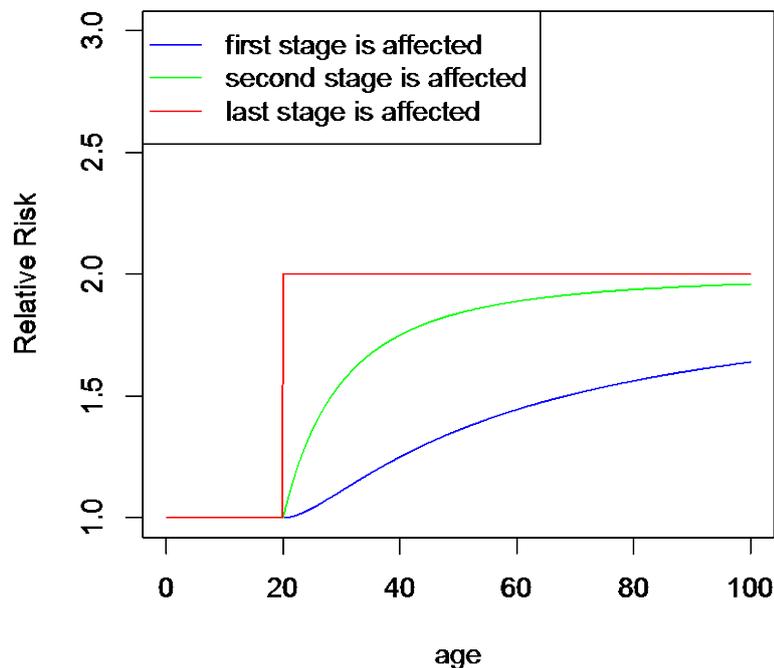


図 22 相対リスク

## ウー 2 モデルに基づくトレンドシミュレーション

27年度の実施計画では、前項のモデルを集団に適用した場合の発症トレンドのシミュレーションの準備を行うこととなっている。準備として、発がんモデルとばく露応答モデルはウー1で調査したものを扱い、シミュレーションプログラムの開発を行った。

今後検討すべき課題として、仮定している発がんモデルの妥当性の調査、シミュレーションを個人単位で行うのか、集団に対して行うのかについての検討、携帯電話の普及率、脳腫瘍患者数の推移など、入手可能なデータをシミュレーションに取り入れる方法、ばく露が発がんモデルのパラメータをどのように修飾するかというシナリオの検討など挙げられる。これらについては、次年度の課題とした。

## ウー 3 症例対照研究シミュレーション

本項目についても、年次計画にしたがい、次年度以降の実施に向けて準備を進めた。

## エ) 総合評価

27年度の研究計画においては、この項目は該当しない。

## IV まとめ

本研究の初年度の成果は以下の通りである。

「ア）電波ばく露量の定量的把握」に関しては、端末からの出力電力の特性と、基地局などの環境における電波の電界強度をフィールドで測定するための機材を準備し、予備測定を行うことによって、本測定に向けての準備を整えた。

端末の出力電力を含む通信通話情報を記録するスマートフォン用ソフトウェア **Sigma-ML** を用いることによって、第 3 世代の回線と第 4 世代の **LTE** 回線が電波状況に応じて使い分けられている端末の使用状況、周波数帯、細かく出力電力制御が行われている端末の出力電力の変動などの詳細な情報が、容易に測定できることを確認した。また、第 4 世代の **VoIP** による通話の際の端末からの出力電力の特性を測定した。第 4 世代の **VoIP** による通話では、第 2 世代より出力電力が一桁程度小さく、第 3 世代よりは一桁程度出力電力が大きいことが示唆された。

頭部の **SAR** の特性については、欧州が中心となって実施している国際共同研究で使用している年齢別モデルが異なる個体をもとにした **MRI** 画像で作られている問題点に対し、日本で開発された、同一個体をもとにして成長の過程を考慮した年齢別のモデルを用いて、**SAR** の成長に伴う変化を数値解析により検討した。その結果、脳平均 **SAR** は成長に伴ってわずかではあるが単調に減少する傾向が示された。脳の **1g** 平均最大値 **SAR** については、アンテナの位置と頭部の形状の関係によって大きな違いが生じるので、成長とともにピークの位置が大きく変化することから、予測が困難であることが確認された。

他の発生源からのばく露に関する検討として、基地局からのばく露と、無線 **LAN** アクセスポイントからのばく露について検討を行った。基地局からのばく露は十分に小さいが、端末からのばく露が第 3 世代以降では非常に小さいため、第 2 世代の端末のように、基地局からのばく露を無視することができないことが示唆された。また、無線 **LAN** アクセスポイントからのばく露も同様に、端末からのばく露に比べて無視できないことが示唆された。これらについては、次年度以降にさらに定量化を行う必要がある。

「イ）脳腫瘍罹患状況の疫学的評価」に関しては、女子医大で実施している疫学研究に対して、工学的立場からの支援を行った。

「ウ）電波ばく露と疾病の因果関係のシミュレーション」については、年次計画に従って基礎的な調査と予備的なシミュレーションを行い、次年度以降の検討の準備を行った。

## V 参考文献

- [1] IARC, Press Release No.208, May 31st, 2011
- [2] JM. Samet, et al., "Mobile Phones and Cancer Next Steps after the 2011 IARC Review", *Epidemiology* 25 (1), 2014.
- [3] I. Deltour, et al., "Mobile phone use and incidence of glioma in the Nordic countries 1979-2008: consistency check", *Epidemiology*. 23(2)(2012)
- [4] Kosuke Kiyohara, Kanako Wake, Soichi Watanabe, Takuji Arima, Yasuto Sato, Noriko Kojimahara, Masao Taki and Naohito Yamaguchi: Recall accuracy of mobile phone calls among Japanese young people, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* (March 2016) 26, 566-574
- [5] 渡邊 宏 三浦 周 浜本 直和 藤野 義之 鈴木 龍太郎, 地上/衛星共用携帯電話システムの干渉量評価のための携帯電話端末送信出力測定実験, *信学論(B)*, Vol. J94-B, No.3, pp.419-422, 2011
- [6] T. Nagaoka, et al.: Development of realistic high-resolution whole-body voxel models of Japanese adult males and females of average height and weight, and application of models to radio-frequency electromagnetic-field dosimetry, *Phys Med Biol*. 2004 Jan 7;49(1):1-15.
- [7] 長岡智明, 他: ボリュームモーフィング手法による日本人の標準頭部モデルの開発, *信学技報 EMCJ*, Vol.114, no.93, pp.31-34 (2014).
- [8] P. Armitage , R. Doll, "The age distribution of cancer and a multi-stage theory of carcinogenesis," *British Journal of Cancer*, vol.8, no.1, pp.1—12, Mar.1954.
- [9] CLAIRE D. SHERMAN, CHRISTOPHER, "Stochastic Simulation of a Multistage Model of Carcinogenesis", *Mathematical Biosciences*, Volume 134, Issue 1, pp.35-50, May 1996.
- [10] 国立研究開発法人国立がん研究センターがん情報サービス「がん登録・統計」, [http://ganjoho.jp/reg\\_stat/statistics/dl/index.html](http://ganjoho.jp/reg_stat/statistics/dl/index.html)
- [11] The INTERPHONE Study Group, "Brain tumor risk in relation to mobile telephone use: result of the INTERPHONE international case-control study," *International Journal of Epidemiology*, Vol.39, No.3, pp.675-694, May 2010.
- [12] Kenny S. Crump, Richard B. Howe, "The Multistage Model with a Time-Dependent Dose Pattern: Applications to Carcinogenic Risk Assessment," *Risk Analysis*, vol.4, no.3, 1984.

---

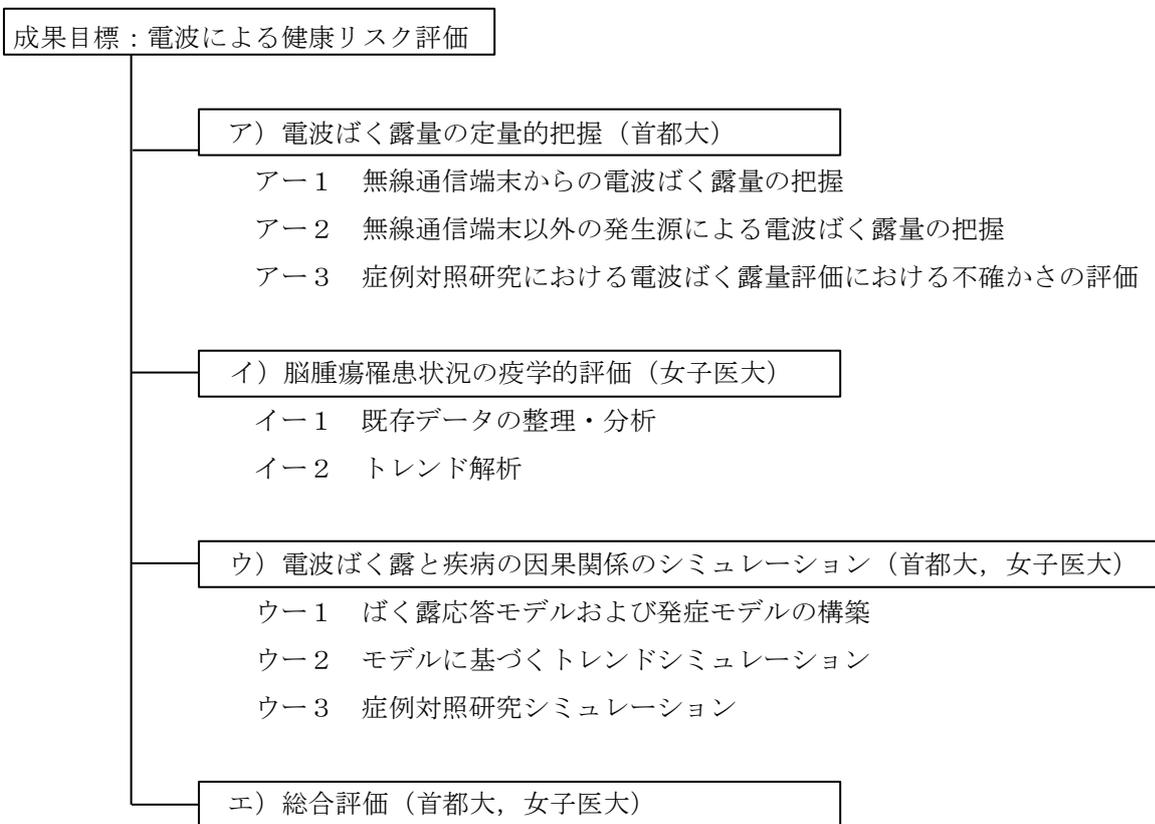
## 第1章 総括

---

### I. 研究目的

無線通信等からの電波による日常の環境における多様な電波による人体ばく露を測定・推定により定量的に把握し、疫学研究におけるばく露評価の不確かさによる健康リスク評価への影響を定量的に示す。また、国際的な研究の連携により、研究の国際的協調と情報発信に寄与する。

### II. 研究実施体制



### III. 研究結果の概要

脳腫瘍罹患状況の疫学的評価では、2011年より開始された MOBI-Kids study に参画し、その解析に寄与してきた。また、欧州の GERoNiMO プロジェクト、韓国の MOBI-Kids との情報共有と連携を推進した。その結果、国際研究の対照群 (n=1,858)、症例群 (n=899) のうち、我が国から虫垂炎群 (対照群) 224 名、脳腫瘍群 (症例群) 30 名を 2015 年 3 月までに登録できた。MOBI-Kids study 本部 (スペイン) において、データクリーニング、集計が勧められているが、現時点

は終了しておらず、国際研究における我が国の分担解析、さらに、MOBI-Kids Japan としての我が国独自の解析ともに、年度内実施はできなかった。欧州の GERoNiMO プロジェクトの情報収集、韓国 MOBI-Kids との連携は継続して実施できた。

若年者における携帯電話利用と脳神経系腫瘍罹患に関する分析としては、我が国の 10 歳から 39 歳における携帯電話利用状況および脳神経系腫瘍の罹患率の関連について分析を実施した結果、1993～2010 年の脳神経系腫瘍の罹患率は、20～30 歳代の男女において有意に上昇しており、この上昇を携帯電話利用率の増加で説明することは難しいが、携帯電話利用が罹患率の上昇に影響している可能性をすべて排除することはできないと考えられた。

#### IV. おわりに

MOBI-Kids study は国際共同研究であり、我が国における研究も全体進捗に左右されることとなった。今後、スペインの本部での準備が進み次第、我が国も国際共同研究としての解析に貢献し、さらに、我が国独自の解析、韓国と連携した解析等を通じて、若年者における携帯電話端末使用の安全性を疫学的に評価してゆく予定である。また、本研究の結果、我が国の 10～39 歳の年齢層において脳神経系腫瘍の罹患率の上昇が認められることを明らかにしたが、その要因については、携帯電話端末利用率の上昇では直ちに説明できないことが明らかとなった。今後、罹患率上昇の要因について解析を進める予定である。

---

## 第2章 脳腫瘍罹患状況の疫学的評価

---

### 既存データの整理・分析

研究要旨
------

#### A. 研究目的

2011年世界保健機関（WHO）国際がん研究機関（IARC）は携帯電話端末の成人の神経膠腫と聴神経腫瘍に対する発がん性のリスクを2Bに分類したが、根拠となる疫学研究は症例対照研究がほとんどでのバイアスの影響が議論されている。さらに、急速に普及した若年者に対する影響は成人よりも大きい可能性が高いため、2011年より Study on Communication Technology, Environment and Brain Tumours in Young People (MOBI-Kids study)が開始された。我が国も2012年からこの国際研究に参画している。

#### B. 研究方法

国際的な疫学研究 MOBI-Kids study の解析に寄与し、欧州の GERoNiMO、韓国の MOBI-Kids と情報を共有・連携する。

#### C. 研究結果

国際研究として対照群（n=1,858）、症例群（n=899）のうち、我が国から虫垂炎群（対照群）224名、脳腫瘍群（症例群）30名を2015年3月までに登録している。しかしながら、MOBI-Kids study は、スペイン本部のデータクリーニング、集計の遅れから、国際研究の分担解析、MOBI-Kids Japan としての我が国独自の解析とも年度内に実施することができなかった。欧州の GERoNiMO の情報収集、韓国 MOBI-Kids との連携は継続している。

#### D. 考察

MOBI-Kids study の解析について状況が整い次第寄与し、GERoNiMO、韓国 MOBI-Kids との連携を継続することが重要である。

#### E. 結論

MOBI-Kids study については、2011-2015年に症例登録が終了しているが、スペイン本部のデー

タクリーニングに遅れが出ている。今年度は、GERoNiMO の情報収集、韓国 MOBI-Kids との連携を密にし、スペイン本部の作業が終わり次第 2016 年度から、解析に寄与する予定である。

#### F. 健康危険情報

特になし

#### G. 研究発表

1) 小島原典子、山口直人. 高周波電磁界の疫学研究の動向：若年者における携帯電話使用と脳腫瘍に関する系統的レビュー. 保健医療科学, 2015, 64(6) 540-46.

---

## 第3章 電波ばく露と疾病の因果関係のシミュレーション

---

### 症例対照研究シミュレーション

若年者における携帯電話利用と脳神経系腫瘍罹患に関する分析

#### 研究要旨

本研究は、日本の若い世代（10歳代~30歳代）における携帯電話利用状況および脳神経系腫瘍の罹患率に関するデータを用いることで、携帯電話利用と脳神経系腫瘍罹患の関連について分析することを目的として実施した。我が国における1993~2010年の脳神経系腫瘍の罹患率は、20~30歳代の男女において有意に上昇していた。この罹患率の上昇を携帯電話利用で説明することは難しいと考えたが、携帯電話利用が罹患率の上昇に影響している可能性をすべて排除することはできない。今後は、罹患率の変化を注視しつつ、携帯電話利用の安全性を確かめる疫学研究をさらに進める必要がある。

#### A. 研究目的

わが国における携帯電話の普及は1990年代前半より急速に進み、20年以上が経過した。携帯電話利用の安全性を確かめるための疫学研究は、世界的に実施されているところである。携帯電話利用の疫学研究において、最大規模で実施されたのは、INTERPHONE研究である。INTERPHONE研究は日本も含め13か国が参加した国際共同症例対照研究である。悪性脳腫瘍の分析では、携帯電話利用のオッズ比は glioma 0.81 (95%CI 0.70 - 0.94)、meningioma 0.79 (95%CI 0.68 - 0.91)となっており、有意なリスクの低下が観察されている。しかしながら、累積携帯電話利用時間を10等分した場合の最大の群（1640時間以上使用群）においては、オッズ比は glioma 1.40 (95%CI 1.03 - 1.89)、meningioma 1.15 (95%CI 0.81 - 1.62)となることが報告されている。

IARC（国際がん研究機関）は、携帯電話利用における疫学研究は、さらなるエビデンスの集積が必要であることをして指摘している。また、WHO（世界保健機関）は今後の課題の一つとして、子供を含めた若い人における携帯電話利用の健康影響を明らかにすることを挙げている。

本研究は、日本の若い世代（10歳代~30歳代）における携帯電話利用状況および脳神経系腫瘍の罹患率に関するデータを用いることで、携帯電話利用と脳神経系腫瘍罹患の関連について分析することを目的として実施した。

#### B. 研究方法

罹患データは、地域がん登録全国推計より得られた脳神経系腫瘍の罹患データを用いた。対象

年齢は10歳～30歳代とした。対象期間は、わが国において携帯電話の普及が進んだ1993～2010年とした。対象疾患は、1993～1994年はICD-9の191-192、1995～2010年はICD-10のC70-C72とした。携帯電話の利用状況データは、我々が構築した携帯電話利用のコホートからデータを抽出した。本コホートは、インターネット上に構築したコホートである。調査への協力依頼は全国の学校を通して実施した。小学生、中学生は保護者が調査に回答、高校生以上は本人が調査に回答した。調査への協力依頼は2008年から2012年12月にかけて実施した。2012年の時点で6歳以上の者が登録されている。本コホートの参加者は2013年3月末の時点で7550名であった。本研究では本コホートより、性別、生年月、携帯電話の使用開始年、平均使用回数、平均使用時間、最終確認日に関するデータを用いた。

データの分析では、はじめに罹患データの折れ線回帰分析を実施した。解析は男女別、年齢10歳階級別に行った。ソフトウェアはNational Cancer InstituteのJoinpoint Regression Programを使用した。INTEEPHONE研究によると携帯電話の累積使用時間1640時間以上において相対危険の上昇が報告されている。そこで、本研究では、コホートデータより携帯電話累積使用時間1640時間以上の者の割合を算出した。計算においては、調査において把握した携帯電話の1日平均使用回数と1回平均使用時間が使用開始年から最終観察年まで継続したと仮定した。1990年～2010年まで各年における各年齢階層において、携帯電話を使っていない人は0時間、使っている人はその年までの累積使用時間を求め、1640時間以上使用している者の割合を計算した。累積使用時間1640時間以上の者の割合は、男女別、10歳階級別に計算した。続いて、期待罹患率の計算を実施した。携帯電話の累積使用時間が1640時間以上において、相対危険が1.4倍～12.0倍に変化した場合の期待罹患率を求めた。非曝露群の疾病頻度は1993年における折れ線回帰分析による点推定値とした。結果は男女別、20歳代30歳代別に示した。

### C. 研究結果

表1には折れ線回帰分析の結果を示した。10歳代のAPC (Annual Percent Change)は、男性1.6、女性1.8であり有意差は見られなかった。20歳代のAPCは、男性3.9、女性12.3(2002-10年)であり有意差が見られた。30歳代のAPCは、男性2.7、女性3.0であり有意差が見られた。2010年における10万人当たりの罹患率は、20歳代男性1.92、30歳代男性2.44、20歳代女性1.52、30歳代女性1.86であった。1993年から2010年の10万人当たりの罹患率の変化は、20歳代男性0.92、30歳代男性0.89、20歳代女性0.83、30歳代女性0.74であった。

図1-1および図1-2には、1990年から2010年までの携帯電話の累積使用時間1640時間以上の割合を男女別、年齢10歳階級別に示した。男性では1990年頃から増加が見られ、2010年には20歳代21.0%、30歳代24.8%になっていた。女性では1996年頃から増加が見られ、2010年には20歳代12.0%、30歳代12.3%になっていた。

図2-1、2-2、2-3、2-4には、相対危険を1.4～12.0倍に変化させた場合の1993年から2010年までの期待罹患率の変化を男女別20歳代30歳代別に示した。図2-1には男性20歳代の人口10

万人当たりの期待罹患率の変化を示した。相対危険が 1.4 倍の時の 2010 年の期待罹患率は 1.08 であった。1993 年～2010 年までの期待罹患率の変化は 0.08 であった。図 2-2 には男性 30 歳代の人口 10 万人当たりの期待罹患率の変化を示した。相対危険が 1.4 倍の時の 2010 年の期待罹患率は 1.70 であった。1993 年～2010 年までの期待罹患率の変化は 0.15 であった。図 2-3 には女性 20 歳代の人口 10 万人当たりの期待罹患率の変化を示した。相対危険が 1.4 倍の時の 2010 年の期待罹患率は 0.72 であった。1993 年～2010 年までの期待罹患率の変化は 0.03 であった。図 2-4 には女性 30 歳代の人口 10 万人当たりの期待罹患率の変化を示した。相対危険が 1.4 倍の時の 2010 年の期待罹患率は 1.17 であった。1993 年～2010 年までの期待罹患率の変化は 0.05 であった。

#### D. 考察

我が国の 1993～2010 年の 18 年間の脳神経系腫瘍の罹患率は、20～30 歳代において男女ともに有意に上昇していることが観察された。この罹患率の上昇が、ある曝露によるアウトカムが観察されているとした場合、若い人の中で、特に男性で、この 20 年間に増加しているものが考えられる。本研究は、携帯電話の利用が脳神経系腫瘍の罹患率の上昇要因になりうるかどうかを分析するために実施した。

脳神経系腫瘍の罹患率の変化は、1993 年から 2010 年までに 20 歳代男性 0.92、30 歳代男性 0.89、20 歳代女性 0.83、30 歳代女性 0.74 であった。一方で、相対危険を 1.4 倍とした場合の期待罹患率の変化は、20 歳代男性 0.08、30 歳代男性 0.15、20 歳代女性 0.03、30 歳代女性 0.05 とわずかであった。観察された罹患率の変化を説明するためには、20 歳代男性では相対危険 6.0、30 歳代男性では 4.0、20 歳代女性では 12.0、30 歳代女性では 7.0 が必要となる。INTERPHONE 研究で観察された携帯電話の累積使用時間 1640 時間以上でリスクが 1.4 倍という数値が過小評価されている可能性もあるが、実際のリスクが 4.0～12.0 倍もあると考えることは難しい。我々は、携帯電話利用で 20～30 歳代の脳神経系腫瘍の罹患率の上昇を説明するのは難しいと考えた。

本研究で観察された脳神経系腫瘍の罹患率の上昇は、1990 年代以降に新たに発生した他の曝露の影響を見ている可能性や、診断の影響により見かけの罹患率の上昇を観察している可能性がある。

わが国の地域がん登録は現在その仕組みを整備しているところである。本研究で用いた罹患データは実測値ではなく、一部の地域がん登録からの推計値である。一方で、使用した罹患データは精度管理されたものであり、一定の信頼性は確保されているものと考えられる。2010 年の推計に用いた地域がん登録は 28 登録、登録対象地域の人口は日本の総人口の 47%となっている。

本研究で用いた携帯電話利用のデータは、学校を通して協力依頼を実施した上で、インターネット上で収集した情報である。そのため、本コホート集団は健康情報に興味のある者や情報リテラシーが高い者が多くなっている可能性がある。一方で、本コホート集団の携帯電話の所有は、1993 年頃からの急速な普及が S 字カーブとして観察されており、現実から大きくかけ離れている

ことはないと考える。

本研究における携帯電話の累積利用時間は、平均的な使用時間と使用頻度から計算したものであり、使用中の変化まではとらえていない。この点は本研究の限界点である。

最後に本研究で使用した罹患データと、携帯電話利用のデータは、異なる集団のデータを用いてその関連を分析しているに過ぎず、直接の関連を観察しているものではない。この点も本研究の限界点となる。

#### E. 結論

我が国における 1993～2010 年の脳神経系腫瘍の罹患率は、20～30 歳代の男女において有意に上昇していた。この罹患率の上昇を携帯電話利用で説明することは難しいと考えたが、携帯電話利用が罹患率の上昇に影響している可能性をすべて排除することはできない。今後は、罹患率の変化を注視しつつ、携帯電話利用の安全性を確かめる疫学研究をさらに進める必要がある。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

Time trend in incidence of malignant neoplasms of central nervous system in relation to mobile phone use among young people in Japan (論文投稿中)

表1 脳神経系腫瘍罹患データの折れ線回帰分析結果

年齢	男性					女性				
	期間(年)	APC	95%信頼区間			期間(年)	APC	95%信頼区間		
10-19	1993	2010	1.6	-0.3	3.4	1993	2010	1.8	-0.4	4.0
	1993	2010	3.9	1.6	6.3 *	1993	1997	19.7	-5.2	51.0
20-29	1993	2010	2.7	1.3	4.1 *	1997	2002	-15.8	-31.8	3.9
	1993	2010	2.7	1.3	4.1 *	2002	2010	12.3	3.3	22.1 *
30-39	1993	2010	2.7	1.3	4.1 *	1993	2010	3.0	1.4	4.7 *

APC: Annual Percent Change

\*: 有意水準5%で有意差あり

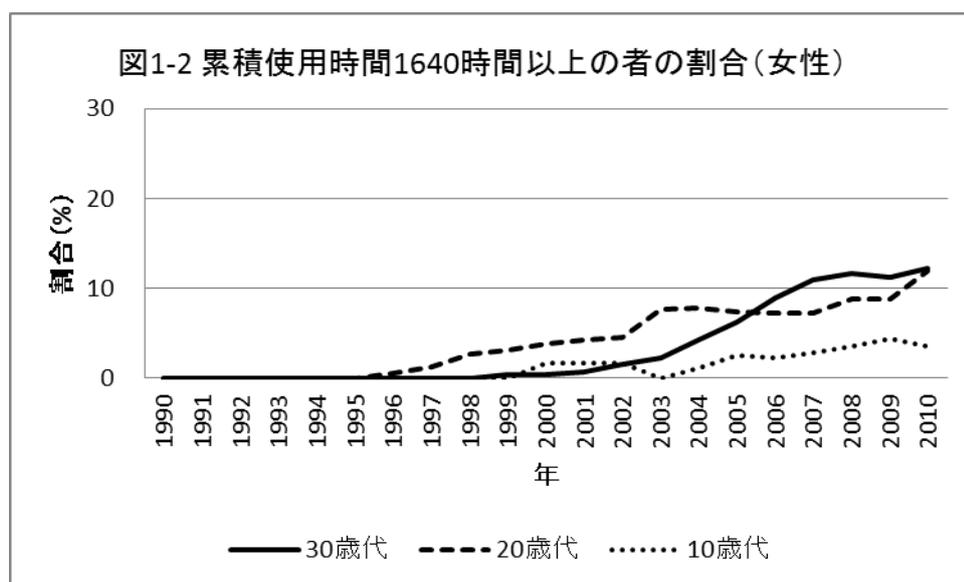
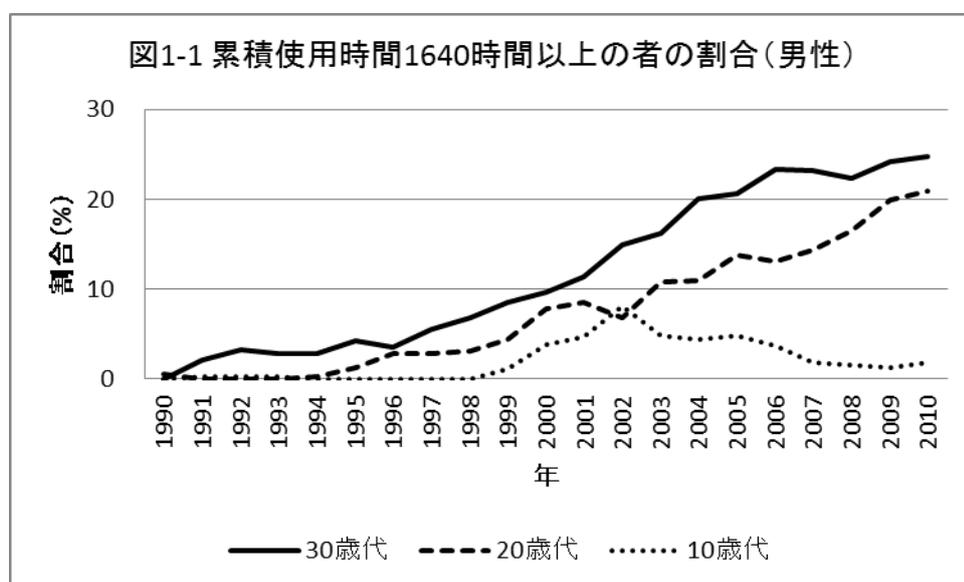


図2-1 期待罹患率の推移(20歳代男性)

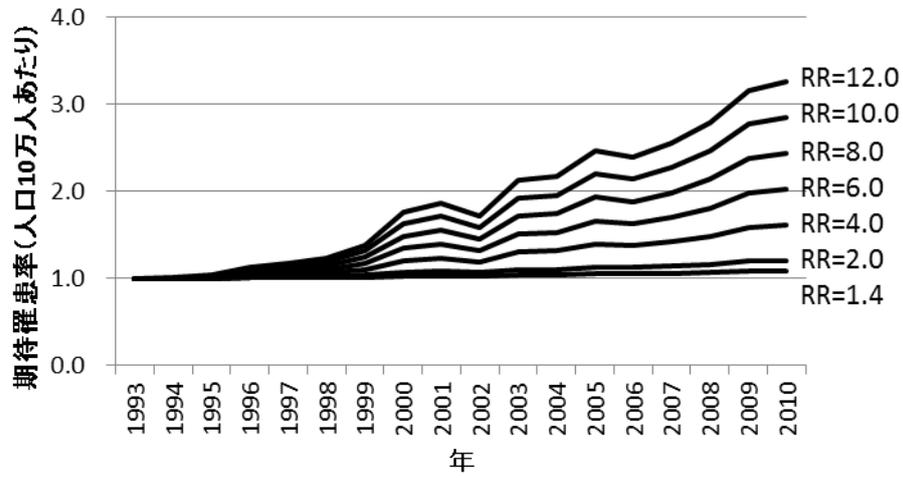


図2-2 期待罹患率の推移(30歳代男性)

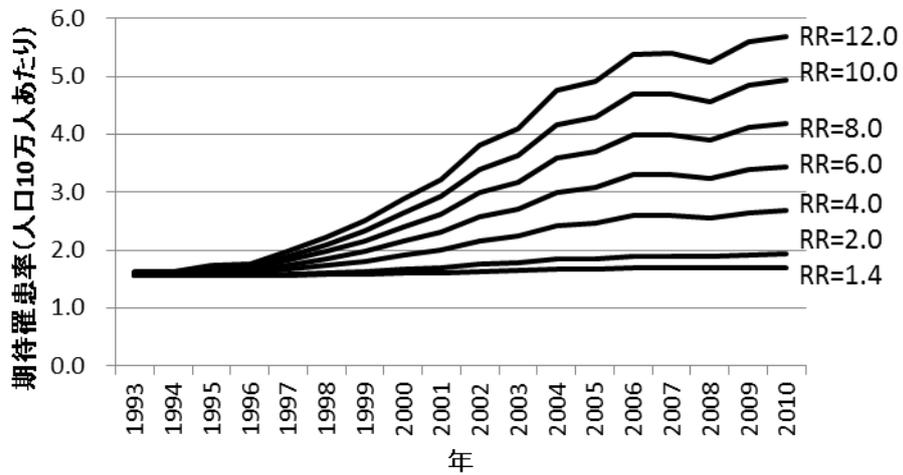


図2-3 期待罹患率の推移(20歳代女性)

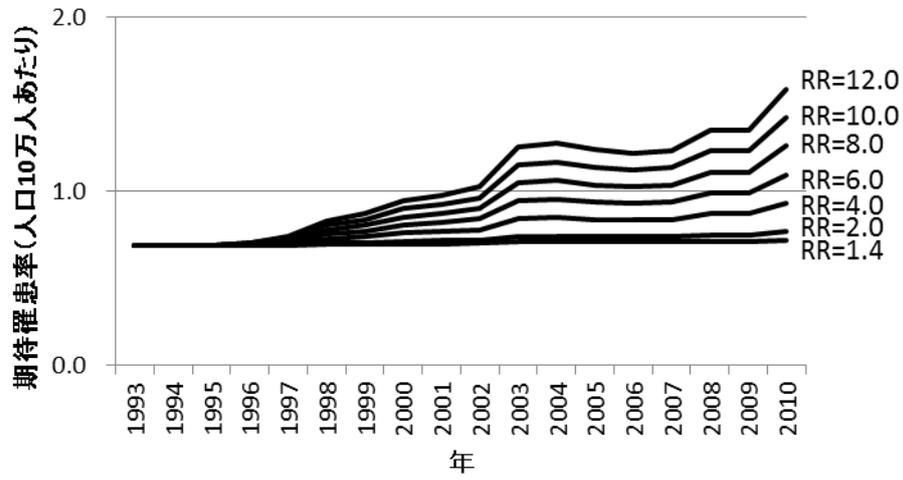


図2-4 期待罹患率の推移(30歳代女性)

