

ユーザの通信ストレス軽減に向けた QoE 許容限界のモデル化

代表研究者 三好 匠 芝浦工業大学 システム理工学部 教授
共同研究者 江口 真人 NTT コミュニケーションズ カスタマサービス部

1 研究調査の概要

近年ネットワークの品質評価指標として、サービス品質 (QoS: Quality of Service) 要因に加え、ユーザの体感品質 (QoE: Quality of Experience) 要因が、顧客満足度を向上させるサービスを開発するために重要な品質評価指標となると考えられている。なぜなら、サービスの良し悪しは最終的にはユーザの体感によって評価されるべきであるからである。QoE は人間の知覚・認知特性を反映した主観的な品質評価であるため、同じ QoS レベル、例えば同じ遅延時間等であっても、ユーザの置かれた状況により QoS に対する感度、すなわち QoE 評価は異なることが知られている (状況依存性) [1], [2]。QoE の状況依存性を図 1 に示す。現在では、インターネットの普及に伴い、ユーザの通信機器やネットワークサービスに対する知識は向上し、ネットワーク独自の事前期待待ち時間や QoE 許容限界 (以下、最大許容待ち時間) が存在することが想定される。例えば、PC とスマートフォンを併用しているユーザは、PC を操作しているときは通信速度が速いと思込み、許容待ち時間が短くなる。一方、スマートフォンを操作しているときは、ネットワークの性質上通信速度は速くならないと考え、許容待ち時間は長くなる。このように、ネットワーク環境についての知識を経験的に得たユーザが多く存在すると仮定すると、事前期待待ち時間と QoE 許容限界 (以下、最大許容待ち時間) は利用するネットワークごとに変化し、固有の値を示すと考えられる。

本研究では、まず、このようなユーザが実際に存在することを明らかにするため、インタビュー形式で聞き取り調査を行った。聞き取り調査では、PC とスマートフォンを併用するユーザ 15 人を対象とし、各端末の利用状況や予想するダウンロード待ち時間を調査した。結果として、「スマートフォンに比べ、PC は通信速度が速いため、家では主に PC を利用する」、「利用端末によって、予想するダウンロード待ち時間は異なる」など、ほぼ全てのユーザが利用端末に対し独自の先入観や固定観念を持つことが明らかになった。よって、有線インターネット接続や 3G 無線接続などのように、利用するネットワーク環境ごとの QoE 評価が必要であると考えられる。

更に、近年、スマートフォンの幅広い普及と通信速度の向上により、ユーザは時間や場所にとらわれず Web や映像などのネットワークサービスにアクセスすることが可能となった。このようにユーザのサービス利用行動が多様化してきたことで、サービス品質指標として、ユーザの主観的な満足度であるユーザ体感品質 (QoE: Quality of experience) を用いたユーザ中心の評価が注目されている。QoE 評価はユーザの心理状況や利用環境による影響を受けるため、主観評価実験を行う環境がユーザの実際の利用環境と異なる場合、正確な評価値を得られない可能性がある。従来検討では、携帯端末を用いた実際の利用環境における主観評価実験は行われているが、実際の利用状況における通信速度を考慮したものはない。

本研究では、実環境の利用状況と通信状態において、携帯端末上で通信速度に対する主観評価実験を可能にするツールを開発し、主観評価実験実施し、異なる利用状況が QoE 評価に与える影響についても分析を行った。

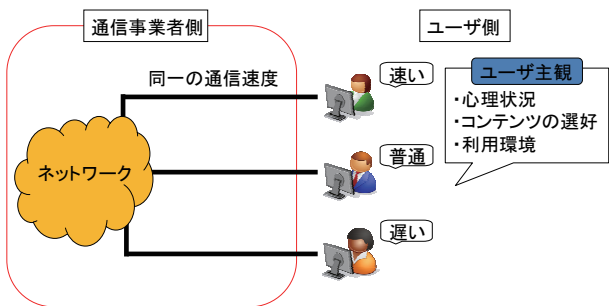


図 1 QoE の概要

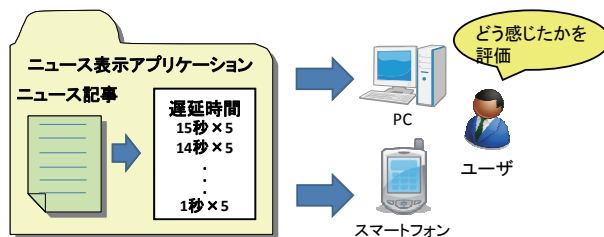


図 2 事前期待待ち時間測定実験の概要

線:ニュースコンテンツのバーを押してから、ニュースコンテンツが開くまでの待ち時間を、普段使用しているスマートフォンと比べてどのように感じましたか、5つのニュースを閲覧した後で、設問にお答えください。

1.ニュースコンテンツのバーを押してから、ニュースコンテンツが開くまでの待ち時間を、普段使用しているスマートフォンと比べてどのように感じましたか、5つのニュースを閲覧した後で、設問にお答えください。

	-2.遅い		-2.遅い
	-1.やや遅い		-1.やや遅い
	0.普段と同じ		0.普段と同じ
	1.やや速い		1.やや速い
	2.速い		2.速い

日付 練習 1 被験者No

図3 事前期待待ち時間測定実験の評価用紙

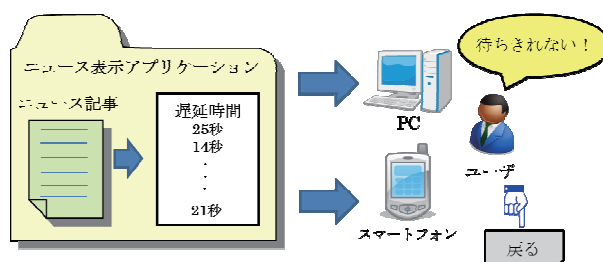


図4 最大許容待ち時間測定実験の概要

2 事前期待待ち時間と最大許容待ち時間の測定

2-1 主観評価実験の方法

本研究では、異なるネットワーク環境が QoE 評価に与える影響を検証するため、有線接続を想定した PC と、3G 接続を想定したスマートフォンを用いて主観評価実験を行った。主観評価実験とは、評価対象を実際に被験者が体験し、主観に基づき評価を行う実験のことである[3]。実験では、ブラウザ上で動作し、任意の遅延時間を挿入できるニュース記事表示アプリケーションを用い、事前期待待ち時間を測定する実験と、最大許容待ち時間を測定する実験を実施した。

(1) 事前期待待ち時間の測定

本項では、事前期待待ち時間を測定する実験方法について述べる。実験では、図2に示すように、被験者は画面遷移時に1秒から15秒までの遅延時間が挿入されたニュース記事をそれぞれ5回ずつ閲覧し、普段のダウンロード待ち時間と比べて画面遷移待ち時間をどう感じたかを評価する。なお、被験者の評価にバイアスがかからないようにするため、被験者に対して遅延時間の事前告知は行わない。

実験では、普段のダウンロード待ち時間と比べて画面遷移待ち時間をどう感じたかを評価する。評価方法は、{-2:遅い, -1:やや遅い, 0:普段と同じ, 1:やや速い, 2:速い}の5段階とし、0と回答した遅延時間を事前期待待ち時間とする。実験で使用した評価用紙を図3に示す。

(2) 最大許容待ち時間の測定と考察

本項では、最大許容待ち時間を測定する実験方法について述べる。実験では、図4に示すように、被験者は遅延時間がランダムに挿入されたニュース記事をそれぞれ1回ずつ閲覧し、画面遷移待ち時間に対して我慢できなくなった場合に、端末の「戻る」ボタンを押す。記事を選択してから「戻る」ボタンを押すまでの



図5 スマートフォン実験の様子



図6 PC実験の様子



図7 実験用アプリケーション画面

時間を測定する。実際の実験の様子を図5、図6に示す。

(3) 実験システムの構築

本項では、実験で使用する実験コンテンツについて述べる。本研究で使用する実験コンテンツは、HTML、Javascript を用いて作成している。図7に実験用アプリケーション画面を示す。画面下に5つ並んでいるニュースタイトル記事の中から1つクリックする。すると、画面遷移しニュース画面を出力する。この画面遷移の際に、人工的に制御可能な遅延時間を付加することで遅延時間を再現可能である。

2-2 実験結果と考察

(1) 実験結果

実験では、PC と 3G 接続のスマートフォンを常用するユーザを対象とし、各自が所有する端末上に開発した専用アプリケーションをインストールして主観評価実験を行った。実験環境として、ネットワーク環境以外の環境要因をできる限り排除するため、ほぼ同等の環境下にて計測を行った。なお、被験者数はPC実験が18人、スマートフォン実験が16人である。図8に事前期待待ち時間の測定、図9に事前期待待ち時間と最大許容待ち時間の関係の実験結果を示す。

(2) 考察

(a) 事前期待待ち時間

図8より、PC利用時の平均事前期待待ち時間は3.4秒、スマートフォン利用時の平均事前期待待ち時間は8.4秒である。このことから、ネットワーク環境の違いによってQoE評価に差異が生じる領域が、3.4秒から8.4秒の間の場合に存在していることが分かる。

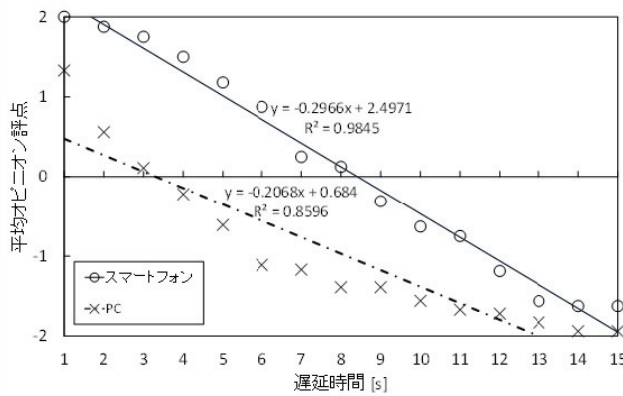


図8 事前期待待ち時間 (PC&スマートフォン)

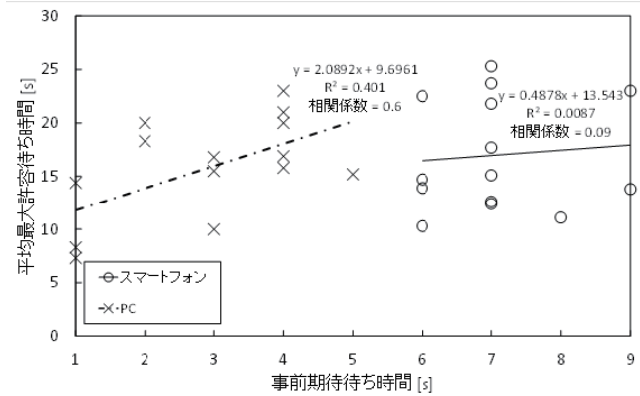


図9 事前期待待ち時間と最大許容待ち時間の関係 (PC&スマートフォン)

(b) 事前期待待ち時間と最大許容待ち時間の関係

図9より、スマートフォン利用時の事前期待待ち時間と最大許容待ち時間の間の相関係数は0.09であるため、これらの値に相関はないと言える。一方、PC利用時には相関係数が0.6となり、緩やかな相関があると言える。このことから、スマートフォン利用時の最大許容待ち時間は事前期待待ち時間に影響されないが、PC利用時の最大許容待ち時間は事前期待待ち時間の減少に伴って短くなる傾向があると結論できる。

2-3 結論

本研究では、実験用アプリケーションを用い、画面遷移待ち時間に対する主観評価実験を行うことで、異なる2つのネットワーク環境がQoE評価に与える影響を調査した。実験結果から、PCと3G接続のスマートフォンでは事前期待待ち時間と最大許容待ち時間にそれぞれ特有の変化をもたらすことを確認した。これにより、ネットワーク環境の違いがユーザのQoE評価に影響を与える要因であると結論できる。

3 実利用状況におけるQoE評価方法の開発と測定

3-1 従来のQoE評価

(1) ユーザの状況要因を考慮したWeb画面待ち時間

本項では、QoEに関する従来研究として、ユーザの状況要因を考慮したWeb画面待ち時間に対するQoE評価の研究について述べる。[4]では、QoEに影響を与える要因としてユーザの心理状況に着目し、主観評価実験からWeb画面表示の待ち時間に対するユーザのQoE評価の変化について検証を行っている。主観評価実験とは、動画やWebなどのネットサークルサービスを被験者に体験させ、主観に基づいて評価を行わせる実験である。Webサービスにおいて、目的のWebページが画面表示されるまでの待ち時間が長ければ長い程、ユーザの満足度は低下すると想定できる。[4]では、Webを利用する際のユーザの心理状態が待ち時間に対するユーザの満足度に影響を与えると考察している。

実験では、ユーザが時間的制約を受けている状態とリラックスしている状態において、Web上で簡単な計算問題を解答させ、サイトの表示遅延時間に対するQoE評価を測定している。具体的な実験の設定として、時間的制約を受けている状態は、解答に制限時間を設け、教示による心理的な介入を行った状態で解答を行わせた。一方、リラックスしている状態は、解答に制限時間を設けず、動画を視聴させながら解答を行わせた。結果から、時間的制約を受けている状態とリラックスしている状態において、同じ遅延時間に対して、ユーザのQoE評価が異なる値を示すことを明らかにしている。これにより、同じQoSであっても、ユーザの心理状況によってQoEが変動することを検証している。

(2) ユーザの利用目的及び利用環境を考慮した携帯端末における遅延時間に対するQoE評価

本項では、前項で説明したQoEに関する従来研究として、ユーザの利用目的及び利用環境を考慮した携帯端末における遅延時間に対するQoE評価の研究について述べる。[5]では、QoEに影響を与える要因として、アプリケーションの種類と使用場所に着目し、主観評価実験によって携帯端末の遅延時間に対するユーザのQoE評価の変化について検証を行っている。携帯端末の普及と高性能化、通信速度の向上により、ユーザは時間や場所を問わず、様々なネットワークサービスを利用することが可能となった。ネットワークサービス

を利用する際、Web や動画などユーザの利用目的によって用いるアプリケーションは異なり、利用する場面も自宅や駅、学校など様々である。[5]では、携帯端末上で利用するアプリケーションの種類と使用場所が、携帯端末における遅延時間に対するユーザの満足度に影響を与えると考察している。

実験では、自宅や駅など様々な場所で、携帯端末による Web アクセス、音声通話、テキストのみの電子メールの送信、添付ファイル付きの電子メールの送信、コンテンツのダウンロードを行う実験用アプリケーションを被験者に使用させる。各アプリケーションの動作には数種類の遅延時間を挿入し、この遅延時間に対するユーザの満足度を測定している。結果から、同一の遅延時間でありながら、ユーザが利用するアプリケーションの種類と使用場所に応じて QoE 評価が異なる値を示すことを明らかにしている。これにより、ユーザの利用目的と利用環境に応じて QoE が変動することを検証している。

3-2 従来研究の問題点

本節では、従来研究の問題点について、実験環境、実験方法の2点に分けて述べる。

(1) 実験環境

本研究第2章並びに、[4]で行った主観評価実験は、大学構内の教室で実施され、実験用のシナリオに基づいてユーザの心理状況を作り出している。前章で述べたように、QoE はユーザのサービス利用時の心理状況や利用環境による影響を受けると考えられる。そのため、実験環境がユーザの実際の利用環境と異なる場合、ユーザの心理状況もまた実際の利用環境におけるものと異なると考えられる。特に、リラックスしている状態において、自宅などユーザがリラックスする場所ではないことと実験を行っているという意識により、ユーザの心理状況にバイアスがかかってしまうといった問題が考えられる。したがって、導出される QoE 評価が実際の利用状況において得られる結果と乖離する可能性がある。そのため、QoE に影響を与える要因として心理状況に着目した研究では、心理状況に影響のないように、被験者の実際の利用環境に近づけた実験環境で主観評価実験を行う必要がある。

(2) 実験方法

[5]の主観評価実験で用いるコンテンツは、実験のために作成されたアプリケーションであり、ユーザが普段利用しているものではない。ユーザは過去のアプリケーションの利用経験から、アプリケーションの種類ごとに発生する遅延時間をある程度把握していると考えられる。しかし、実験用アプリケーションを用いた場合、操作方法や閲覧できるコンテンツなどが普段利用しているアプリケーションとは異なると考えられる。そのため、普段利用しているアプリケーションとの違いを感じてしまい、ユーザが実際の利用環境において体感する品質と異なる可能性がある。したがって、実験用アプリケーションを用いることにより、ユーザの QoE 評価に影響を与えてしまうことが考えられる。

また、実験ではアプリケーションの処理に遅延時間を挿入することでユーザが体感する遅延時間を作り出している。3G 無線回線などの一般的な携帯端末の通信回線のような実際の通信状態において行ったものでない。

これらのことから、携帯端末における遅延時間に対するユーザの QoE 評価が実際の利用状況や通信状態におけるものとは異なる可能性がある。よって、これらの問題を解決するため新たな実験方法を提案する必要がある。

3-3 実利用状況における QoE 評価

(1) 実験方法の提案

本項では、実際の利用状況と通信状態において、携帯端末の通信速度に対する主観評価実験を行うための新しい実験方法の提案について述べる。本研究の目的は、実際の利用状況と通信状態を考慮し、携帯端末上でネットワークサービスを利用した際の通信速度に対するユーザの QoE 評価を測定することである。前節で述べたように、主観評価実験を実施する場合、実験環境と実験に用いるアプリケーションやコンテンツによって、ユーザの QoE 評価に影響を与える可能性がある。しかし、従来の検討では、実際の利用状況における実験は行われているが、実際の通信状態やコンテンツを用いたものはない。そこで本研究では、ユーザが普段から利用している実際のコンテンツを用いて、実際の利用状況と通信状態において主観評価実験を実施する。

本研究では、携帯端末におけるネットワークサービス利用行動として Web ページの閲覧に着目し、Web ページ閲覧時の通信速度に対する主観評価実験を行う。提案する実験の概要を図 10 に示す。被験者は、自宅や駅、大学構内など様々な場所において、実験用アプリケーションをインストールしたユーザ所有の携帯端末を用いて Web ページの閲覧を行う。5 回の Web ページ表示を 1 セットとし、1 セット終えるごとに、使用場所、

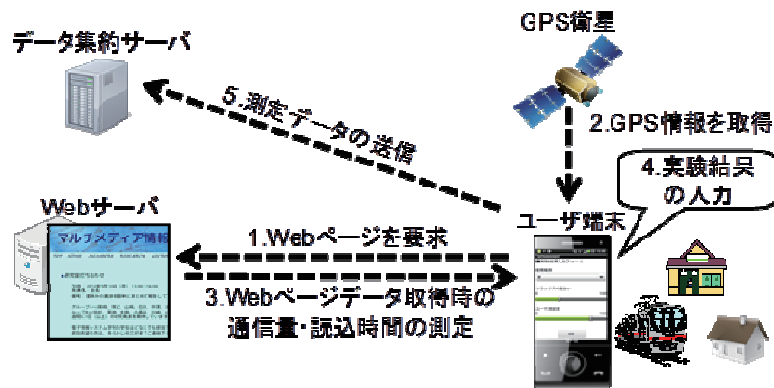


図 10 実利用状況における QoE 評価実験の概要

閲覧中のリラクスの度合い、Web ページ閲覧時の通信速度に対するユーザ満足度を回答し、実験結果を Web サーバへ送信する。この方法により、ユーザは時間や場所を問わず、実際の利用状況で実験を行うことが可能となる。

(2) 実験システムの構築

本項では、前項で述べた主観評価実験に使用する実験システムについて述べる。

本研究で使用する実験システムは、Android 端末用の通信速度評価アプリケーション及びデータ収集用の Web サーバによって構築している。通信速度評価アプリケーションは java、データ収集用の Web サーバは PHP スクリプトと MySQL によるデータベースを用いて作成している。

本研究では、ユーザが所有する携帯端末上で実験用アプリケーションを用いた主観評価実験を行うことを想定している。より多くの被験者を募るためには、普及率の高い携帯端末上で動作するアプリケーションであることが望まれる。そこで、現在利用が拡大している Android 端末を対象としてアプリケーションを開発する。

本アプリケーションの主な機能は、ユーザ基本情報入力フォーム、ブラウザ機能、実験結果入力フォームの三つである。以下に各機能の詳細について述べる。

(3) 基本情報入力フォーム

QoE 評価はユーザの利用状況だけでなく、年齢やサービス利用経験などによっても異なる可能性がある。そこで本アプリケーションには、被験者の性別、年齢、スマートフォンの利用年月数を入力させるため基本情報入力フォームを実装する。

本アプリケーションを初めて起動する場合、ユーザを識別するために桁数の数字で構成されるユーザ ID を自動で割り振り、ユーザの性別、年齢、スマートフォンの利用年月数などの入力を行うためのユーザ基本情報入力フォームを画面表示する。実際の動作画面を図 11 に示す。ユーザ ID 及び入力データはアプリケーションで保持し、同時に Web サーバのデータベースに登録する。2 回目以降の起動時にはこの入力フォームは表示しない。

(4) ブラウザ機能

ユーザが Web ページを閲覧した際の通信速度に対する QoE 評価を得るために、本アプリケーションにはブラウザ機能が必須である。そこで、本アプリケーションは Android の WebView クラスを使用することで、ブラウザ機能を実装する。

ユーザ登録終了後、または 2 回目以降のアプリケーション起動時、本アプリケーションは閲覧可能な Web ページの一覧を表示する。被験者が Web ページのリンクを選択後、ブラウザを起動して Web ページを画面表示する。本アプリケーションのブラウザ機能には、進む、戻る、再読込などのオプションボタンや Web ページの拡大・縮小機能を付与してあるため、ユーザは一般的な Web ブラウザとの違いを感じることなく利用可能である。閲覧できる Web ページには、ユーザが普段から閲覧しているコンテンツとして、Yahoo! ニュース [6] のような実際のニュースサイトを数種類指定している。また、本アプリケーションのブラウザ機能は、Web ページデータ取得時の通信量と読込時間をバックグラウンドで測定し、閲覧時の通信速度を算出する。同時に、GPS によって利用時の位置情報として経度と緯度、そして利用時刻を記録する。

Web ページデータ取得時の通信量及び読込時間は、Web ページの読込開始を onPageStarted メソッド、Web ページのレンダリング終了までを含めた Web ページの読込終了を onPageFinished メソッドで検知し、読込開

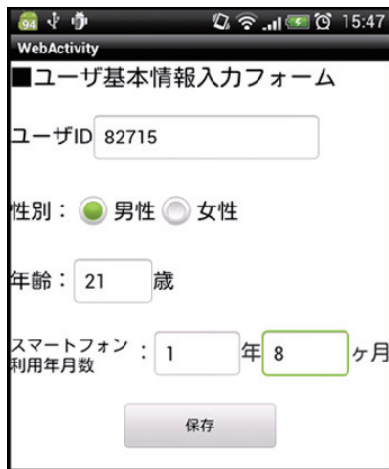


図 11 ユーザ基本情報入力フォーム

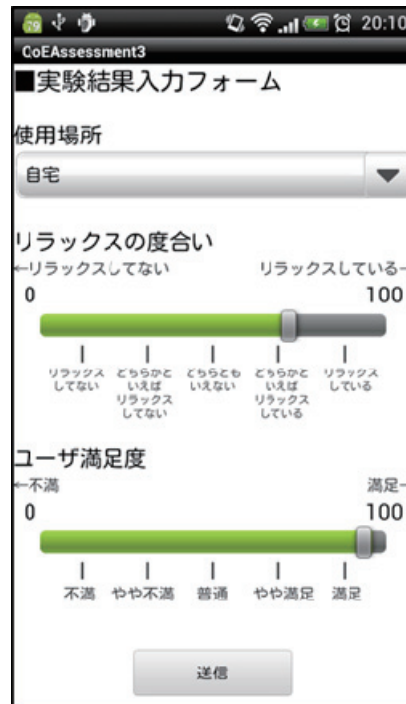


図 12 実験結果入力フォーム

始時点の本アプリケーションの総通信量及び現在時刻と、読込終了時点の本アプリケーションの総通信量及び現在時刻との差分から算出する。閲覧時の通信速度は、通信量を読込時間で割ることで算出する。

(5) 実験結果入力フォーム

様々な場所で主観評価実験を行う場合、ユーザは実験結果などの必要な情報をその場で入力する必要がある。そこで本アプリケーションには、アプリケーションの使用場所や心理状況、通信速度に対するユーザ満足度などを入力するための実験結果入力フォームを備える。

Web ページ閲覧終了後、本アプリケーションは実験結果入力フォームへと画面遷移する。実際の動作画面を図 12 に示す。この入力フォームは、ユーザが本アプリケーションの使用場所、リラックスの度合い、Web ページ閲覧時の通信速度に対するユーザ満足度を入力するためのものである。使用場所の項目は、入力した情報を GPS 機能で取得した位置情報及び利用時刻と照合することで、ユーザの利用環境をより正確に把握するために設けた。リラックスの度合いと QoE 評価はシークバーを用いた入力方式とし、最小値を 0、最大値を 100 に設定している。実験結果の入力を終えたユーザが送信ボタンを押すと、アプリケーションは HTTP POST リクエストを用いて測定データをデータ集約サーバへと送信し、アプリケーションの動作を終了するか実験を継続するかを被験者に選択させる。送信データは、サーバ内の PHP スクリプトにより MySQL のデータベースに登録される。これにより、ユーザは時間や場所を問わず、何度でも主観評価実験を行うことが可能である。

(6) 実験方法の提案

本項では、本研究における評価項目について述べる。実験では、実際の利用状況と通信状態において、携帯端末で Web ページを閲覧した際の通信速度に対する QoE 評価を行う。評価項目は以下のとおりである。

- (i) Web ページデータ取得時の通信量
取得した Web ページのテキストや画像データなどのデータサイズの合計。
- (ii) Web ページの表示完了までの読込時間
Web ページの読込開始から、全てのテキストや画像データなどの画面表示完了までの読込時間。
- (iii) Web ページ閲覧時の通信速度
通信量を読込時間で割ることで算出する通信速度。
- (iv) 平均通信速度に対するユーザ満足度
実験 1 セットあたりの平均通信速度に対するユーザ満足度。
- (v) Web ページ閲覧時のリラックスの度合い

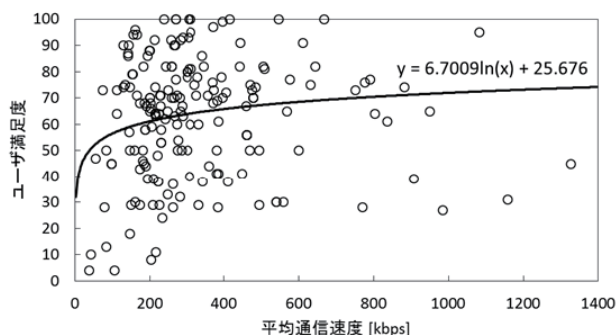


図 13 平均通信速度に対するユーザ満足度
(全被験者)

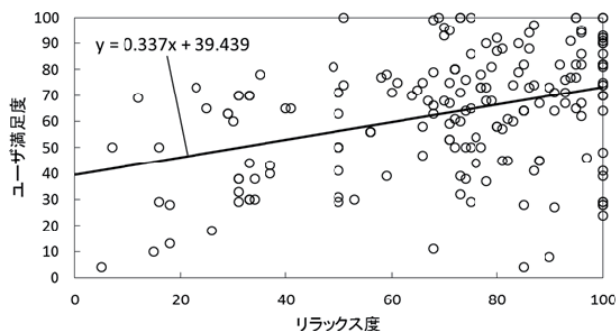


図 14 リラックス度に対するユーザ満足度
(全被験者)

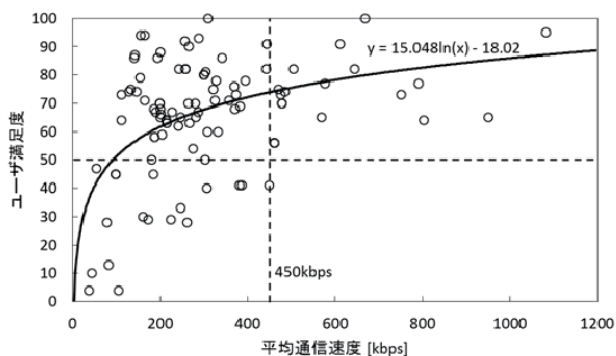


図 15 平均通信速度に対するユーザ満足度

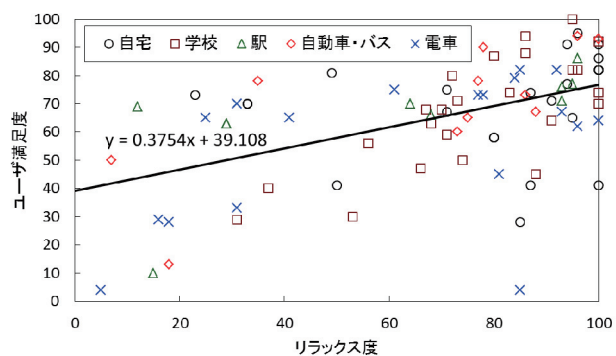


図 16 使用場所毎のリラックス度に対するユーザ満足度

実験 1 セットにおける被験者のリラックスの度合い。

評価は、Web ページ閲覧時の通信速度に対する満足度と Web ページ閲覧時のリラックスの度合い共に、5 段階品質評価尺度の形式に合わせたシークバーに基づいて判定する。評価値は、最小値 0 から最大値 100 までの整数値で表される。

3-4 実験結果と考察

(1) 実験結果

本項では、本研究で実施した主観評価実験の結果について述べる。実験では、Android 対応スマートフォンを所有しているユーザ 18 名（平均年齢 23.2 歳）を対象とした。本研究では、様々な要素とユーザ満足度の間にはどのような関係性があるかを分析するため、通信速度とリラックス度それぞれを説明変数として単回帰分析を行う。全被験者の実験結果として、図 13 に平均通信速度に対するユーザ満足度、図 14 に Web ページ閲覧時のリラックス度に対するユーザ満足度を示す。図 13 より、平均通信速度に対するユーザ満足度は全体的に大きくばらついており、通信速度とユーザ満足度の間に相関がみられない。そこで、通信速度に対するユーザ満足度の分布を被験者毎に分析したところ、通信速度に対する感受性が異なる以下の二つのグループに分類できることが確認された。

(i) 通信速度の上昇に比例して満足度が向上するグループ

(ii) 通信速度に関係なく満足度がばらつくグループ

これは、普段スマートフォン上で Web ページの閲覧を行う際、通信速度を意識して利用しているかどうかといった個人の特性によるものであると考えられる。そこで本研究では、前者のグループにのみ着目して分析を進めることとする。

通信速度の上昇に比例して満足度が向上するグループに着目し、図 15 に Web ページ閲覧時の平均通信速度に対するユーザ満足度、図 16 にリラックス度に対するユーザ満足度を示す。

(2) 考察

(a) 平均通信速度に対するユーザ満足度

図 15 より、スマートフォン上での Web 閲覧において、実験 1 セットにおける通信速度の平均値が 450kbps を超えた場合に、ユーザ満足度が 50 以上となることが分かる。これにより、スマートフォン上での Web ペー

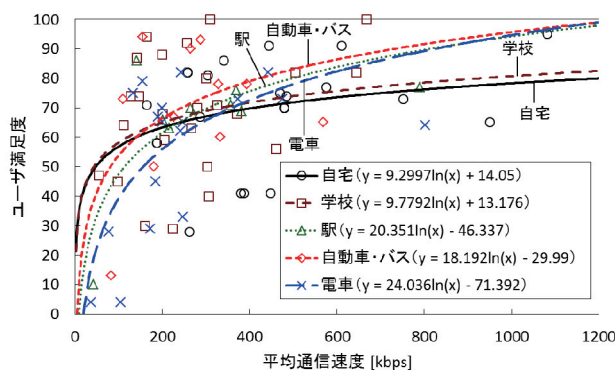


図 17 使用場所毎の平均通信速度に対するユーザ満足度

ジの閲覧というサービス利用行動において、ユーザの体感する品質が普通から満足となるためには、通信速度が 450kbps を超過する必要があると考えられる。一方、通信速度の平均値が 450kbps 以下の場合、同じ通信速度に対するユーザ満足度の分布は、上下に大きくばらついている。これは、被験者の利用状況の違いによる影響であると想定できる。

(b) 使用場所毎のリラクセス度に対するユーザ満足度

図 16 より、全体的にリラクセス度が高くなるほど、QoE 評価値は高い値を示す傾向があることが分かる。[4]では、リラクセスしている状態において、ユーザの遅延時間に対する許容度が高くなることを示している。よって、ユーザのリラクセス度が高く、心理的に余裕がある状況において、QoE が向上すると考えられる。また、自宅や学校における利用では、建物内においてそれほど移動を伴わないため、被験者がリラクセスして通信を行うことが多い場所であると考えられる。一方、駅、自動車・バス、電車においてはリラクセス度のばらつきが大きい。また、リラクセス度が低い場合に、QoE 評価値の著しい低下も見られる。これにより、駅、自動車・バス、電車においては、被験者が外出中で移動を伴うため、リラクセスせずに通信を行うことが多い場所であると考えられる。これらのことから、使用場所によって、ユーザの心理状況に変化が現れやすいことを示している。

(c) 使用場所毎の平均通信速度に対するユーザ満足度

図 17 より、自宅や学校など、比較的リラクセスしていると考えられる場所では、近似曲線は緩やかなカーブを描いており、QoE 評価値は全体的に高い傾向がある。また、通信速度が遅い場合でも QoE 評価値はあまり低下しない。これは、ユーザが心理的に余裕がある状態において、通信速度に対する許容度が高いため、低い QoS に対しても QoE が低下しないと考えられる。一方、駅、自動車・バス、電車など、比較的リラクセスしていないと考えられる場所では、近似曲線の傾きは大きく、通信速度が遅い場合に QoE 評価値の著しい低下が確認できる。これは、ユーザがリラクセスしておらず、心理的に切迫している状態であるため、リラクセスしている状態に比べて高い QoS を求めていると考えられる。これらのことから、使用場所によってユーザの心理状況に傾向があるため、通信速度に対する QoE 評価が変化することが分かる。よって、使用場所と心理状況が QoE に対して影響を与える大きな要因であると考えられる。

3-5 結論

本研究では、開発した実験用アプリケーションを用いて、実際の利用状況と通信状態において、Web ページ閲覧時の通信速度に対する主観評価実験を行うことで、異なる利用状況が通信速度に対する QoE に与える影響を調査した。実験結果から、利用状況によってユーザの通信速度に対する QoE 評価が変化することを確認した。これにより、利用状況の違いが携帯端末の通信速度に対する QoE に対して影響を与える要因であると結論できる。

提案した実験方法と開発した実験システムにより、実際の利用状況と通信状態で主観評価実験を実施できた。これにより、今回の実験結果が実際の利用状況と通信状態の影響を反映した QoE 評価の測定データであると考えられる。よって、本研究における実験方法の有用性が示されたといえる。

4 今後の展望

第 2 章では、デバイスの違いが事前期待待ち時間と最大許容待ち時間の関係を規定することを実証した。

しかしながらスマートフォンにおいては、上記2つの時間の関係性を明らかにすることができなかった。今後、実験環境の構築の見直しを行い、事前期待待ち時間と最大許容待ち時間の関係を再規定し、QoE 最低保障品質の考察を継続していく。

第3章の今後の課題としては、実験方法の改善や、よりユーザの心理状況を考慮したコンテンツの策定などが挙げられる。実験方法において、今回の実験では5回のWeb ページ表示を1セットとし、1セット間の通信速度に対して被験者に満足度を回答させる方法とした。しかし、ユーザの体感品質は、1 セットにおける最後の Web ページ閲覧時の通信速度に対しての印象が最も強く、QoE 評価に影響を与えてしまう可能性が考えられる。そのため、1 セットの閲覧回数の変更や評価対象とする通信速度を1 セットの最後の閲覧時のみとするなどの改善点が考えられる。次に、今回の実験では、実験に用いるコンテンツを一般的なニュースサイトとしたが、ニュースサイトはユーザがリラクセスしている時に利用する場合が多い。そのため、ユーザがリラクセスしていない時でも利用するような別のコンテンツを用いた実験が考えられる。また、より多くの被験者に対して実験を行う予定である。

【参考文献】

- [1] 江口真人, 三好 匠, 矢守恭子, 山崎達也, “遅延条件とコンテンツに対する選好を考慮した共分散構造分析による QoE モデルの構築,” 信学論(B), Vol. J92-B, No. 12, pp. 1810-1822, Dec. 2009.
- [2] 柏木聡子, 三好 匠, 江口真人, 矢守恭子, 山崎達也, “タイムプレッシャを考慮した Web 画面遷移待ち時間に対する QoE 評価,” 信学第 6 回 QoS ワークショップ予稿集, QW6-P-07, pp. 45-46, Dec. 2008.
- [3] 高田 祐, 矢守恭子, 田中良明, “携帯端末によるコンテンツダウンロードにおける許容待ち時間の要因分析,” 信学技報, CQ2009-14, April 2009.
- [4] 江口真人, 三好匠, 矢守恭子, 山崎達也, “ユーザの状況要因が QoE 評価に与える影響のモデル化,” 信学技報, CQ2010-52, Nov. 2010.
- [5] S. Uemura, S. Niida, and H. Nakamura, “User tolerance for waiting time,” IEEE Vehicular Technol. Mag., pp.61-67, 2010.
- [6] Yahoo! ニュース. <http://headlines.yahoo.co.jp/hl>, Jan. 2013.

〈発表資料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
A Service quality coordination model bridging QoS and QoE	IEEE/ACM 20th International Workshop on Quality of Service (IWQoS2012)	2012 年 6 月
モバイル端末における通信速度評価アプリケーションの開発	電子情報通信学会 第 10 回 QoS ワークショップ	2012 年 11 月
ネットワーク環境の違いによるユーザ体感品質の分析	2013 年電子情報通信学会 総合大会	2013 年 3 月
異なる利用状況における携帯端末の通信速度に対する QoE 評価分析	2013 年電子情報通信学会 総合大会	2013 年 3 月