

# ストリームライブチャット入力を想定した半透明ダブルフリック キーボードの入力性能の実験的検証

阿部優樹<sup>a</sup> 崔明根<sup>a</sup> 坂本大介<sup>a</sup> 小野哲雄<sup>a</sup>

**概要**：ストリームライブ配信の普及に伴って、配信者や特定のコンテンツに注目したライブシステムの研究が盛んに行われてきている。一方で、視聴者側のデザイン検討は少なく、特に配信中の重要なコミュニケーションチャンネルであるライブチャットのテキスト入力インタフェースは十分に検討がされてきていない。そこで、我々は視聴者側のユーザ体験を向上させるためのライブチャット用キーボードの検討を行う。まず、我々は視聴者にインタビュー調査を行い、ライブ配信視聴者の習慣や、コミュニケーション上の問題点を調査した。調査の結果、横持ちスマートフォンでの視聴が、ライブ配信で頻繁に利用されていることが明らかになった。しかし、横持ちでの視聴は手軽さと大画面による臨場感から好まれる反面、スマートフォン内の文字入力キーボードが動画画面と大きく干渉するため、視聴者の没入感とコメント意欲を妨げていることが明らかになった。そこで、動画を妨げず、ライブチャット交流を円滑化する横持ちスマートフォンのキーボードデザインを目指して 1) 両手を負担なく活用できるダブルフリックキーボード、2) 動画背景に対する半透明キーボードの有用性をユーザビリティの観点から検証した。結果、スマートフォンの横持ち操作において、両手保持を想定したダブルフリックキーボードは有効であること、及び動画背景で利用可能な不透明度について考察した。

## 1. はじめに

高品質なモバイル端末と通信基盤の普及に伴い、ストリームライブ配信の利用者は急速に増加している。ストリームライブ配信とは、インターネットを通じてリアルタイムに音声、映像を配信するメディアである（以降ライブ配信と表記する）。2018年の時点で1日10万人以上のユーザが利用し [1]、COVID-19の影響で利用者人口はさらに増加している。代表的なプラットフォームはYouTube [2]やTwitch [3]などがあり、コンテンツはニュース、ゲーム配信、トークショー、料理、パフォーマンスなど多岐にわたる。

Human-Computer Interaction (HCI) 分野でもライブ配信の調査や研究が進んでおり、ライブ配信には単なる動画サービスやテレビにはない魅力があると分かっている。特に、配信中のテキストチャットを通じた配信者と視聴者らの相互交流体験は重要な要素を担っている [4,5]。具体的には、配信映像と同時並行で提供されるチャット交流スペースが、感情や知見を共有する場となっており、視聴者同士や配信者との仲間意識 [1,6]や“Third Places”のような共同体感覚 [7]、配信者のブランド価値の向上に繋がっている [4,5,7]。

同時に、ライブ配信の交流体験に合ったデザイン検討が重要視されている。その理由として、ライブ配信が映像による視覚的な情報と、大量に流れ続けるチャット上の文字情報を同時に扱う特異なプラットフォームであることがあげられる [8,9]。ライブチャット内では、リアルタイムな配信やイベントに合わせて、鋭いつっこみや有益な情報が飛び交ったり [8]、情動伝染 [10]や団結活動 [6]が発生したりしている。このようなライブ配信中のチャット交流を促すデザイン指針、特に視聴者の配信に対する没入感と主体

的なチャット交流を両立させる設計が求められている [4,5]。

そこで、本研究ではライブチャット交流を円滑にすることで没入感の向上を目指した、ライブチャット入力専用キーボードを構築する。まず視聴者側のライブチャット体験向上に向けた探索的インタビュー調査を行った。その結果、チャット交流や没入感の重要性に加えて、手軽かつ大画面で没入しやすい横持ちスマートフォンでの視聴頻度が高いことが明らかになった。一方で、現在のスマートフォン上でのキーボードは、動画画面上への直接配置（図1）や、動画サイズの縮小が必要であるため、視聴者の没入感やチャット意欲を妨げていることが明らかになった。

この問題に対し、次に我々は横持ちのスマートフォンを両手で把持した状態で、映像視聴と高速かつ正確なチャット入力を両立する日本語入力手法として、半透明ダブルフリックキーボード（図2）の検証をユーザビリティの観点から行った。実験では、20人の参加者に対し、ライブ配信を想定した動画背景での「かな文字入力」タスクを行ったところ、一定以下に不透明なキーボードは動画背景で入力性能が低下すること、ダブルフリックキーボードは両手把持において高速かつ安定で好まれる入力手法であることが明らかになった。本論文の貢献は以下のようになる。

- 大規模ライブ配信での、日本人視聴者のチャット習慣とその問題点への探索的インタビューとその考察
- 横持ちスマートフォンにおける日本語フリック入力対応ダブルフリックキーボードデザインの検討
- 動画背景での日本語フリック入力における半透明キーボードのユーザビリティや入力性能の実験的検討



図 1 動画上に配置されるキーボードの様子. キーボードは Pixel 4a (OS : Android11) のデフォルト設定 [11].

## 2. 関連研究

### 2.1 ライブ配信を対象とした調査研究

ライブ配信の利用者増加に伴い、その文化や視聴者・配信者のモチベーションに関する調査が行われてきている。調査の結果、配信中の交流体験と、そこから生まれるコミュニティや仲間意識が、視聴者のモチベーションや配信者のブランド価値の向上、さらにはビジネスチャンスに繋がっていることが明らかとなった [4,5,6]。また、ライブ配信では、リアルタイムなコンテンツ映像に対して (1) 没入感 (Immersion) を味わいながら、コメントを通して感情やリアクションを (2) 即時的 (Immediacy) に伝えることによる、配信者と視聴者や視聴者同士の (3) 相互的な交流 (Interaction) が重要な要素であるとされ、これに適した配信システム設計が求められている [5]。

また、現在のライブ配信はテキストチャットが主な交流媒介となっており、既存のコミュニケーションチャットには見られないような文化や習慣が確立されている。具体的には、ライブ中の目まぐるしく変わる内容に合わせたリアクション [7]や感情表現 [10]、不特定多数の視聴者との協力活動 [6]などが挙げられる。また、最近では金銭的価値を持つ投げ銭チャットが登場し、感情的な発散や他のコメントより優位な交流手段としての意味を持つことが明らかになっている [1]。これらの調査研究から、ライブ配信がこれまでのコミュニケーションチャットや映像体験とは全く異なる特異なプラットフォームであり [1,7]、それに適したシステムデザインが必要であることが明らかになっている [4,5]。

### 2.2 ライブ配信の交流システムデザイン

ライブ配信の調査研究を踏まえ、配信中の交流を促すようなデザインや手法の検討が行われている。具体的には、視聴者の視線 [12]や音声 [13]、動き [14]の共有、スクリーンへの直接的な書き込み [15,16]や、アンケート機能 [17]などが検討されている。Snapstream [15]は、視聴者と配信者へのインタビューを元に、スクリーンショットをチャット上で共有する絵描き配信システムを提案している。また

Beyond Show of Hands [17]では、配信者へのアンケートを元に、スライド上へのビジュアルな意見投稿を可能にした教育用配信システムを提案した。これらの研究から、ライブ配信のユーザ習慣や操作の難しさを元に交流しやすいデザインを設計することは、視聴者の参加を促し、エンゲージメントを向上させていることが報告されている [15,16,17]。

同様に、現在のライブ配信の交流を支える文字ベースのライブチャットについてもいくつか検討されてきた。具体的には、大量のチャットに対するストリーミング処理手法 [9]やStreamWiki [18]のような視聴者のコメントを要約する配信者側のインターフェースが提案されている。

そこで本研究では、視聴者側のチャットインターフェースに注目し、課題探索的なインタビューとその解決方法の検討を行う。特に [9,18]とは異なり、視聴者側のライブチャット交流体験及びインターフェースに注目する。Co-Viewing Room [19]では操作性の良いインターフェースは主体的なチャット活動を促すことが報告されているため、視聴者側のインターフェース改良は重要である。さらに日本人ユーザへの調査が少ないことから、日本人視聴者への調査と、解決手法の実験的検討を行うことでライブ体験の向上を目指す。

### 2.3 コンテンツ及びタスクと並行するキーボード手法

画面の大きさが限られるモバイル端末では、操作領域と入力領域の両立を目指したキーボードデザインが多数検討されている。例えば、完全に透明なキーボード [20]やNo-look flick [21]のようなアイズフリーキーボードなど、画面内にキーボードを一切表示しない入力手法が挙げられる。また、半透明な UI デザインも、限られたスペースを効率的に活用する方法として有用である [22]。タブレット端末でのテキストアプリケーションにおける半透明キーボードの有用性を検討では、キーボードの不透明度 (Opacity) が 0.3 や 0.5 でも、通常時の 9 割以上の性能で Read, Write タスクを実現できることが明らかになった [23]。日本語入力においても、クラゲ日本語入力 [24]、InvisibleFlick [25]などキーボードを半透明にすることで、限られた画面に予測変換などの UI 領域を確保する手法が提案されている。

これらとは別に、キーボードを変形させることでタスク領域の確保を目指す研究も存在する [26]。特にスプリットキーボードのような両手を活用するデザインは、周辺視野による画面中央でのテキストタスクとの併用に好ましく [27]、片親指での操作範囲が限られるタブレットなどのキーボード入力に対して操作性にも優れている [28,29]。日本語入力に関しては、君岡らは縦持ちスマートフォンでの両手持持入力手法を提案した [30]。また、中村らはスペース削減を目的としたタブレット用日本語フリック入力キーボードを提案した [26,31]。しかし、これらの手法は、入力速度において既存キーボードよりも低い性能になっており、その原因の一つに普段利用するキーボードに対する慣れが

関係していると考察している。

そこで本研究では、普段利用する縦持ちスマートフォンのキーボードデザインを、両手持ちした横持ちでのキーボード配置に半透明な状態で適応することで、入力性能を保ったまま動画視聴を可能にすることを目指す。また、横持ちスマートフォンでの日本語フリック入力は検討がほとんどないため、その必要性とデザインの検証を行う。

### 3. 事前調査

ライブ配信における視聴者のチャットへの参加習慣やモチベーション、問題点について調査するために、ユーザへのインタビュー調査を行った。具体的には8人の視聴者ユーザ(表1)が調査に参加し、半構造化インタビューを行った。参加者はTangらの調査[4]と同様に全員3週間以内にライブ配信を視聴しており、日常的にもライブ配信を見ている視聴者を対象とした。インタビューの内容は既存のライブ配信ユーザに対する調査論文[5]とデザイン改善のための事前インタビュー[15]を元に、参加者の体験談を踏まえながらインタビューを行った。また可能な限り、参考となる動画のアーカイブや関連サイトの紹介を依頼し、実際の配信の様子を見ながら進めた。その後、[17]の事前インタビューの分析方法を参考に、インタビュー終了ごとのオープンコーディングと、帰納的な分析を行った。この結果、今回の調査対象者は二つの視聴者層に分けられた。一方はライブチャットへの参加モチベーションがある視聴者(6人)であり、もう一方はライブチャットへの興味が無く、ライブ配信をラジオやテレビ中継のように楽しむ視聴者(2人)である。後者の視聴者層は、根本的にライブチャットへモチベーションがないことから、本研究の対象とする視聴者ではないため分析から除外した。

表1 インタビュー参加者のライブ配信利用状況

ユーザID	コンテンツ	プラットフォーム	視聴頻度 (/week)	視聴デバイス	チャット頻度 (/Lve)
P1	ゲーム実況	YouTube, Twitch	1	スマホ(横),PC	5~10
P2	トーク・ゲーム実況	YouTube	2	スマホ(横)	5~10
P3	音楽・ゲーム・トーク	YouTube, Twitch, M idiom	7+	スマホ(横),PC	5~10
P4	パフォーマンス	YouTube, Tiktok	3	スマホ(縦・横)	1~5
P5	音楽	YouTube, Twitch, Instagram	1	スマホ(縦・横)	0
P6	音楽・ゲーム・トーク	YouTube	1	スマホ(横),PC	1~5
P7	音楽・トーク	YouTube	2	スマホ(横)	0
P8	ゲーム実況	YouTube, Twitch	2	スマホ(横),タブレット	1~5

#### 3.1 視聴時の習慣

インタビューとコーディングから、視聴者のライブ配信視聴及びライブチャットの習慣を整理した。

##### 3.1.1 ライブ配信時に、没入感を高めるためにスマートフォンを横持ちにして見る習慣がある

インタビュー参加者の多くはスマートフォン、特に横持

ち画面でのスマートフォンを使ってライブ配信を視聴する傾向があることがわかった(表1)。例えばP6は「動画ができるだけ大きい画面で見ること、世界観へ入り込める」と述べている。またP1は普段はスマートフォンを使うが、特に思い入れがある配信ではテレビなどの大画面モニターに繋ぐことがあると述べた。既存研究でも、没入感はライブ配信における重要な要素であることが多数報告されている[4,5]ことから、動画の画面サイズの拡大は没入感を上げるため手段であり、その手軽な方法として横持ちスマートフォンでの視聴があると考えられる。

##### 3.1.2 配信内容に合わせた興奮や共感、リアクションによるチャット交流は魅力的な体験である

インタビュー参加者はチャット交流に対して、配信者や他の視聴者との同期性や共同体感覚を体験することを期待していることがわかった。例えばパフォーマンスの配信をよく見る視聴者(P4)は、「難易度の高いパフォーマンスが成功したときにみんなで喜んだり、楽しむのが魅力的」と述べていたり、ゲーム配信を好む視聴者(P1)は、ゲーム中のプレーに対する興奮を共有できることがライブチャットの魅力であると述べていた。また、VTuberや雑談系の配信を好む視聴者(P2,3)は、視聴者と配信者の間で意味が通じる定型文的な言い回しやオリジナルスタンプを活用しながら、ゲリラ的に発生する話題に対してツッコミや反応をすることで楽しんでいると述べている。このことから、ライブ配信に使うテキスト入力手法は、逐次変化するコンテンツに対し、タイミングよくスムーズな自己表現ができることが必要であると考えられる。

また、ここでテキストベースでのコメント表現の重要性を強調する。既存調査研究[8]でも言及されているように、絵文字やステッカーによる簡単かつ即時表現はライブ配信で多用されているが、それと同程度で文字ベースでのコメントは重要な表現を担っている。例えばP2は「配信者に自分のコメントを拾ってもらえるように人とは違う頓智のきいたコメントをしている」や、P4は「たくさんの文字を使ってコメントが配信者の気を引くようにしている」等の試みがあることがわかった。また「配信中の質疑応答や、その場限りの体験に対してコメント欄が動くことから、絵文字やステッカーなどの簡単な入力手段は比較的多いが、その場のノリや出来事に柔軟な文字での交流や発言も多い」とP3は述べている。このことから、絵文字やスタンプと同じように、文字ベースの表現も、動的なコンテンツに同期できるライブ配信設計が求められていると考察できる。

#### 3.2 ライブチャットへ参加する上での課題点

##### 3.2.1 コメント入力操作時にコンテンツを見逃したり、没入感が冷めることを恐れている

インタビュー参加者はチャット入力時にコンテンツを見

逃したり、没入感が覚めることを強く恐れていることがわかった。例えば P4 はコメントを通して好きなアーティストや曲に共感する楽しみ方をしている一方、タイピングに自信がなく、入力時に目を離すことで動画を見逃してしまうことを強く嫌がっており、特に視聴時に扱う横持ちスマートフォンでの入力は慣れていないことも言及していた。なお、P4 はもしタイピングが早く、かつ映像を見逃さないならチャットに参加したいと話している。P1 は「入力時に臨場感や興奮が冷めることを恐れているため、どんなに配信中興奮しても、コンテンツが落ち着くまでコメント入力は我慢する」と答えた。また P3 はスマートフォンとノートパソコンを併用して、二つ以上のライブ配信を同時に見ることがある視聴者であった。P3 によれば、ノートパソコンで見るときよりスマートフォンで見るときの方がコメントをしない傾向にあると答えた。その理由として、文字入力時に動画が縮小されることや、全画面が解除されることへの苛立ちを挙げていた。このことからコンテンツと共存した入力インタフェースが求められると考えられる。

### 3.3 デザインゴール

これまでのユーザインタビューを踏まえて、我々は本研究で開発するライブチャット入力専用キーボード設計に 3 つのゴールを定めた。

- G1: 没入感や臨場感を感じる「横持ちスマートフォン」での入力が容易であること
- G2: 素早いコンテンツや展開に対応できる高速なテキスト入力が可能であること
- G3: 入力によって、動画を見逃したり、没入感を妨げない設計であること

## 4. 半透明ダブルフリックキーボードの実装

本研究では、前述のゴールを達成するための基礎検討として、半透明ダブルフリックキーボードが横持ちでのライブチャット入力に利用可能な入力性能を持つかを検証する。つまり、動画視聴を妨げず、没入したまま (G3) 高速かつ正確にチャット入力できる (G2) 横持ち (G1) スマートフォン入力手法を目指した、ダブルフリックキーボードとその不透明度の検討をテキスト入力タスクによって行う。

### 4.1 検証するキーボードデザイン

#### 4.1.1 ダブルフリックキーボード

タブレット端末などの大型タッチディスプレイを中心に、スプリットキーボードのような両手近くに配置したキーボードは広く普及している。そのメリットとして両手把持かつ片指での操作範囲が限られる横長のディスプレイ操作において、従来のキーボードよりもスムーズかつ高いパフォーマンスが実現できることが挙げられる [28,29]。そこで

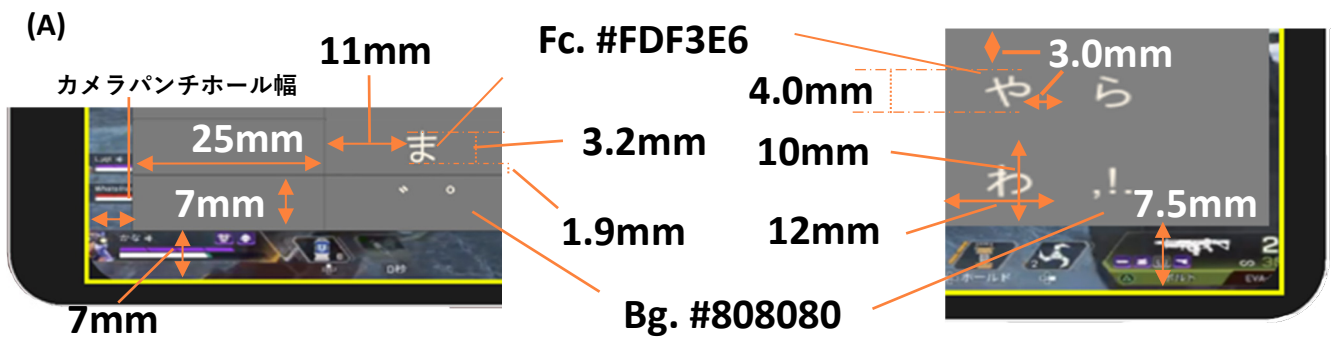
我々は、横持ちスマートフォンに対しても両端把持を想定したダブルフリックキーボードが有用であるか検証する (図 2B-2)。既存研究では、キーボードの形を変形させることで画面を占領する領域の削減に取り組んだ手法も存在する [26]が、既存キーボードへの慣れによる学習コストや負担が、動画視聴と並行的に行うライブ配信チャットに不都合と考えた。よって、ユーザの馴染み深い縦持ちキーボードの拡張デザインを採用する。ユーザへの予備テストでは、両手どちらの親指からでもすべての文字キーが届くキーボード配置が好まれたことから、文字キーを分割しないデザインを採用した。最終的には、動画を見ながら、視界に入っているキーボードを両手で操作すること [27]で、動画視聴とコメント入力を両立させることを期待している。実験では、横持ちスマートフォンでの日本語キーボードデザインが十分に検討されていないこと、ライブ配信中のチャットは高速かつ没入感を阻害しない操作性が求められること [5,19]から、テキスト入力タスクを通して、ユーザビリティの観点から検証を行う。

#### 4.1.2 半透明キーボード

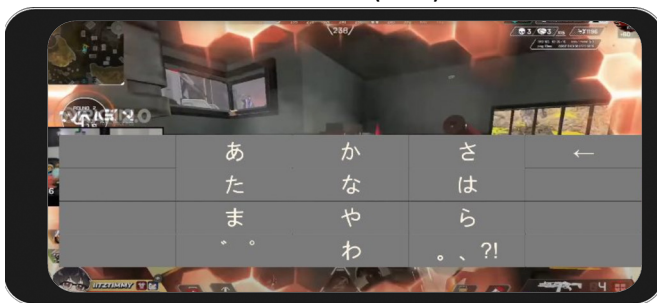
前節でのダブルフリックキーボードでは、動画画面との干渉は解決できない。そこで、スマートフォン上での動画視聴とキーボード入力を両立するアプローチとして半透明なキーボードが有用であるか検証する (図 2C)。キーボードを半透明にする魅力は、前節の使い慣れた縦持ちキー配置を保ったまま、動画の干渉を小さくすることができる点にある。ゆえに、前節のキー配置を半透明にすることで動画視聴と入力の両立を目指す。また、Kim らによれば、タブレット端末における不透明度 0.3、0.5 の QWERTY キーボード上では、Read、Write タスクにおいて、通常時の 9 割以上のパフォーマンスを維持できることが報告されている [23]。このことから、我々は動画背景でも半透明キーボードが利用可能な入力を実現できるか検証する。

### 4.2 実装

これらの背景を元に、縦持ちキーボードを拡張した半透明ダブルフリックキーボードを実装した (図 2B-2)。今回の実験では、Google の Pixel 4a (本体サイズ 144.0 mm×69.4 mm×8.2 mm、解像度 2,340 px×1,080 px、パンチホール付きディスプレイ、アスペクト比 19.5:9、OS : Android10) を用いて行った。実装は Unity (2019.4.20f) で作成した。キーボードの高さ及び横幅の余白、キーの大きさや文字は、縦持ちキーボードと同じ値に設定した (図 2A 右)。このとき、参考にした縦持ちキーボードデザインは Pixel 4a 標準の Google 日本語入力 [11]を採用した。なお、フリック入力時は方向を示すアニメーションが発生する。ただし、文字の色、ボタンの背景色、ボタンの輪郭の有無、文字の傾きは [23]の結果を参考に決定した。また、文字が割り振られ



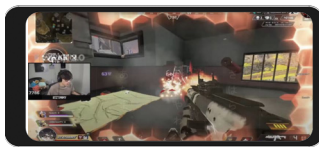
(B) (B-1) シングルフリックキーボード  
不透明度 = 1.0 (100%)



(B-2) ダブルフリックキーボード  
不透明度 = 1.0 (100%)



(C) 不透明度 = 0.1 (10%)



不透明度 = 0.3 (30%)



不透明度 = 0.5 (50%)



不透明度 = 0.7 (70%)

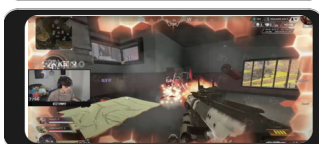


図 2 検証キーボードと半透明な様子。黄色のラインは Safe Area, Bg. は背景, Fc. はフォントカラーを表す。

ていないキーボード両端の縦 1 列は、一般的なキーボードのファンクションキー（図 1 のキーボード両端の縦 1 列）を配置するスペースである。今回はタスクに必要な Back Space キーのみを右上の「←」キーに実装した。

## 5. 実験

本研究では「動画視聴とチャット入力のしやすさの両立したテキスト入力手法」を検討するために実験を行う。具体的には、動画背景でのかな文字入力タスクを通じてダブルフリックキーボード及び半透明なキーボードデザインは入力性能の面でライブチャットに有効か検証する。ライブチャット入力の操作性は主体的な交流活動への重要な要素であること [19] が明らかになっているものの、従来研究では横持ちスマートフォンにおけるキーボードデザインや動画背景と透明度の関係は不明な点が多い。また、既存研究 [23] では Read タスクが不透明度 30% のキーボード上でも通常時の 9 割程度のパフォーマンスを保っていたことから、

半透明キーボードは動画視聴でも視聴しやすさが期待できる。よって、本実験ではこれらを検討する。

### 5.1 実験条件

本実験では 2 種類の手法と 5 種類の不透明度からなる 10 条件を実験条件として設定する。

#### 5.1.1 実験条件 1：手法

手法はシングルフリックキーボード (Single 手法：図 2B-1) とダブルフリックキーボード (Double 手法：図 2B-2) の 2 種類を使用した。Single 手法のキーボードの高さや横幅の余白、キーの大きさや文字は Pixel 4a を横持ちした際の Google 日本語入力 [11] と一致させ、ベースライン入力手法として採用した (図 2A 左)。また、フリックアニメーション、文字の色や傾き、ボタンの輪郭や背景色は Double 手法のデザインと一致させた。



### 5.1.2 実験条件 2：不透明度

不透明度は 1.0, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1 の 5 種類を用いた (図 2B, C)。1.0 が完全に不透明であり、値が小さくなるごとに透明度が増加し、背景動画の曇りが減少する。ただし不透明度の変数は [23]を参考にした。

### 5.2 実験参加者

本実験には 20 人 (男性 11 人, 女性 9 人) の参加者が参加した。年齢は 19~24 歳 (平均 21.65, SD=1.46) であった。2 人が左利きで 1 人が両利き, 残りが右利きであり, 皆フリック入力に慣れていて, 普段フリック入力に用いる手は利き手のみが 11 人, 両片手が 2 人, 利き手と両手が 5 人, 両片手と両手が 1 人, 両手のみが 1 人だった。実験全体に掛かった時間は約 1 時間程度で, 実験終了後に 1,000 円の謝礼金を渡した。

### 5.3 実験デザイン

本実験は, 参加者内計画での実験で, かな文字入力タスクを行った。独立変数は手法 (図 2B: Single 手法, Double 手法の 2 種類) と不透明度 (図 2B, C: 1.0, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1 の 5 種類) から成る  $2 \times 5 = 10$  条件で構成されている。また, ライブ配信でのチャット入力を想定し, 動画を再生しながらタスクを行った。

従属変数として, 入力速度, 入力精度, ユーザビリティを採用した。入力速度の指標には CPM (Characters Per Minute) を用いる。

$$CPM = \frac{|T|}{S} \times 60$$

ただし,  $|T|$  はセンテンスの文字数であり,  $S$  はセンテンスの入力時に最初に画面をタップした時間から最後にタップを完了した時間の間の秒数である。入力精度の指標には EPC (Error Per Character) を用いる。

$$EPC = \frac{IF}{C + IF + INF}$$

ただし  $C$  はセンテンスの文字数であり,  $INF$  は修正されていない誤入力,  $IF$  は修正済みの誤入力であり, 本実験は完全一致するまで入力することから  $INF = 0$  である。この入力速度とエラー率の指標は [31,32]を参考にし, 本実験は入力終了後のエンターキーを必要としないことから入力速度については修正を加えた。またユーザビリティの指標として System Usability Scale (SUS) [33]に基づくアンケートを採用し, 条件が完了するごとに回答した。

実験の構成は, 独立変数の組み合わせに従い, 2 手法  $\times$  5 不透明度=10 セッションからなる。1 セッションは, ある条件における 10 センテンスのテキスト入力タスクと SUS アンケートの回答と定義する。ここでセンテンスとは, 6~15 文字のかな文字で構成された文字列を指す。よって, 1 人あたりから取得するデータ数は  $10 \times (2 \text{ 手法} \times 5 \text{ 不透明}) = 100$  個の入力データと  $(2 \text{ 手法} \times 5 \text{ 不透明}) = 10$  個の SUS アンケート, 実験全体のデータ数は  $100 \times 20 \text{ 人} = 2,000$  個の入力データと,  $10 \times 20 \text{ 人} = 200$  個の SUS アンケートとなる。背景の動画は, ライブ配信でも大きなシェアを占めるゲーム配信動画 [10]の録画を採用した。具体的には 2021/8/22 のシューティングゲーム Apex の実況動画を用いた。このときの視聴者数は 14,000 人程度であった。この動画はすべての条件に共通して利用する。なお, [34]を参考に背景動画の音声情報は提示せず視覚的な影響のみに制限した。

5.4 使用するデータ

本検証で使用するデータは 10 個の短いセンテンスで構成されたデータセットを練習用 1 個と本番用 10 個の計 11 個用意した。1 つのセンテンスは 6~15 文字 (平均 10.6 文字, SD=1.17) で構成されている。図 3 は使用するデータセットと, ニコニコ動画のチャットデータセット [35]から集めた 2018 年 9 月頃から 2018 年 11 月頃の約 33 万個のチャットデータセット (NicoNico Dataset とする) から算出したかな文字相対分布を示している。タスクで使用するデータセットは NicoNico Dataset とそれぞれ相関を持っている (平均相関係数は 0.762, SD=0.049, 下限は 0.7001)。データセットごとの提示順番はランダムに選出した。

### 5.4 使用するデータ

図 3 本番データと NicoNico Dataset のかな文字分布

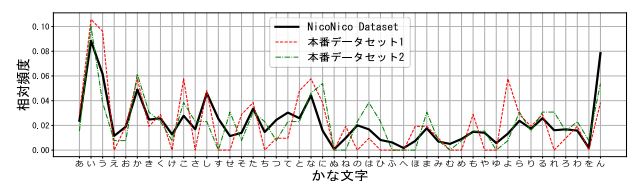


図 3 本番データと NicoNico Dataset のかな文字分布

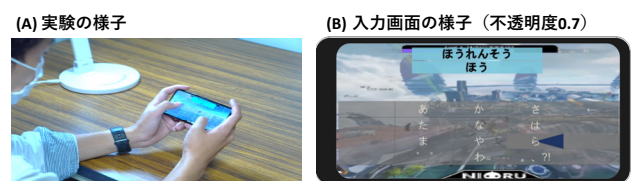


図 4 実験の様子とかな文字入力画面 (フリック時)

### 5.5 実験手順

実験は研究室内の静かな環境にある椅子に座って, 机に正対して行った (図 4A)。また実験中はマスクを着用してもらい, 機材の消毒と部屋の喚起を徹底した。初めに, 実験参加者を部屋に招き, 挨拶と手指のアルコール消毒を済ませ, 椅子に座っていただいた。その後, 年齢やフリック入力の利用状況についてのアンケートに回答してもらった。次に実験タスクの説明を行った。実験タスクは, 5.4 で紹介したデータセットを元に提示された出題テキストを, スマートフォン上のキーボードで完全一致するように入力することである。この際, 実験参加者には, 試行中の計測は入

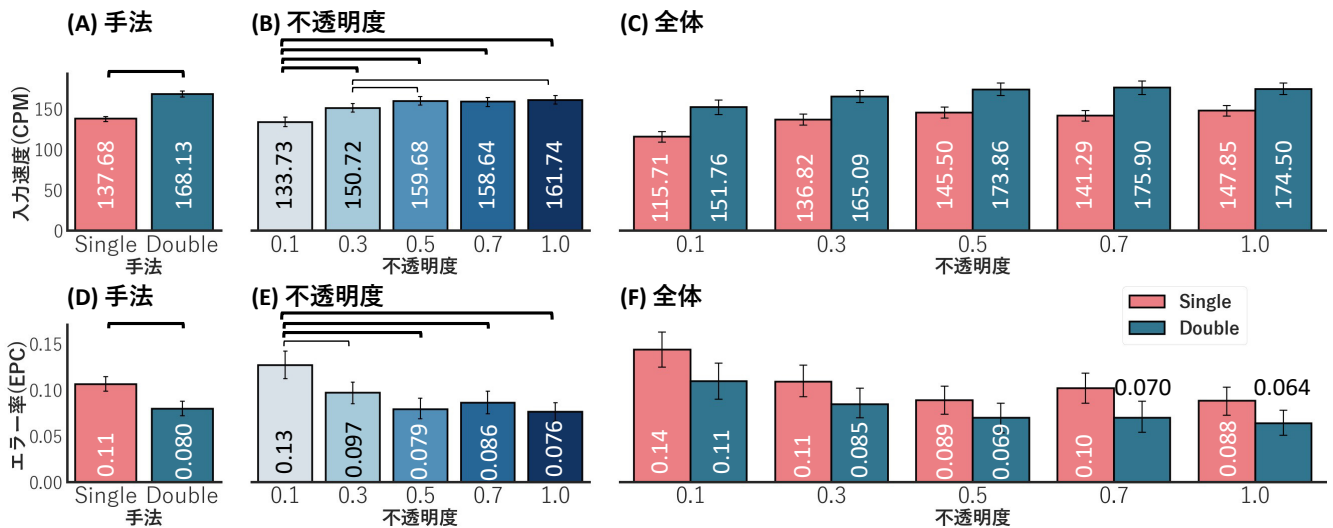


図 5 入力速度とエラー率の結果。エラーバーは 95%信頼区間。有意差表記は太線が  $p < .01$ ，細線が  $p < .05$ 。

力し始めてから始まること，姿勢はテーブルに肘または腕を付け，不快にならないように腕の位置や角度を調節することを指示した。出題テキストは，画面上部（図 4B）に表示され，その下の入力フィールドに参加者が入力する文字列が表示される。この際，テキストが入力されていないか入力されたテキストが先頭から部分的に正しい場合の入力フィールドは青，入力に間違いがある場合は赤色に変化した。また，間違った入力テキストは Back Space キーによる入力文字列最後尾の文字消去によって修正することが必要であった。最終的に，出題テキストと入力テキストが完全に一致すると，次の課題が新しく表示される。この出題テキストの提示から入力テキストの完全一致までを 1 試行とする。実験参加者には，説明の後に，練習用データセットを用いて 10 試行分練習してもらった。なお，練習は不透明度 1.0（完全に不透明）のキーボードで行った。その後，それぞれの条件，つまり不透明度ごとに本番用データセットを用いて 10 試行を行った。なお，センテンスの順序はランダムに選択した。そのあとに，入力に使ったスマートフォンに SUS アンケートが提示され，回答してもらった。この入力タスクと SUS アンケートを 1 セッションとし，すべての不透明度を計 5 セッションで行った。この 5 セッションの順番はラテン方格に従って変更した。5 セッション終了時に，負担なく入力できる最小な不透明度と，選んだ理由について簡単なインタビューを行った（手法インタビューとする）。このインタビュー時に，不透明度を自由に変更できるアプリケーションを手渡し，確認することを許した。その後休憩をとり，もう一方の手法で，再度練習からインタビューまで行った。

なお，手法の提示順はカウンターバランスをとった。最後に手法の好みとその理由，入力しにくいシチュエーションについての自由記述をアンケートで質問し実験を終了した。結果，5 セッションを 2 手法に対して行い，全体でか

かった時間は 1 時間弱であった。

## 6. 結果

入力速度と入力精度と SUS スコアの 3 つの従属変数に関して，二元配列分散分析を行った。多重比較には Holm 法による補正を用いた。本稿でのグラフのエラーバーはすべて 95%信頼区間である。また，（図 5，6）の有意差は太線が  $p < .01$ ，細線が  $p < .05$  を指す。

### 6.1 入力速度

入力速度に関して手法の主効果 ( $F_{1,19} = 107.52$ ,  $p < .01$ )（図 5A），不透明度 ( $F_{4,76} = 26.61$ ,  $p < .01$ ) について有意差が確認され，1 次の相互作用として手法×不透明度 ( $F_{4,76} = 1.06$ ,  $p = .38$ ) について有意差は確認されなかった。多重比較の結果は不透明度 0.1 と 1.0 ( $p < .01$ )，0.1 と 0.7 ( $p < .01$ )，0.1 と 0.5 ( $p < .01$ )，0.1 と 0.3 ( $p < .01$ )，0.3 と 1.0 ( $p < .05$ ) 及び 0.3 と 0.5 ( $p < .05$ ) の間にそれぞれ有意差が確認された（図 5B）。各手法の平均入力速度は Single 手法が 137.68 CPM，Double 手法が 168.13 CPM であり，透明度ごとの平均入力速度は不透明度 1.0 のとき 161.74 CPM，不透明度 0.7 のとき 158.64 CPM，不透明度 0.5, 0.3 及び 0.1 のときそれぞれ 159.68 CPM，150.72 CPM，133.73 CPM であった。また，両手法に共通して，不透明度 0.3 以上での入力タスクは不透明度 1.0 での入力タスクの 9 割以上の入力速度を保った。一方，不透明度 0.1 での入力タスクは不透明度 1.0 での入力タスクの 9 割未満の入力速度となった（Single: 不透明度 0.3, 0.1 のときそれぞれ 92.53%, 78.26%，Double: 不透明度 0.3, 0.1 のときそれぞれ 94.60%, 86.96%）。手法と不透明度の全結果を（図 5C）に示す。

### 6.2 精度

エラー率に関して手法の主効果 ( $F_{1,19} = 17.82$ ,  $p < .01$ )

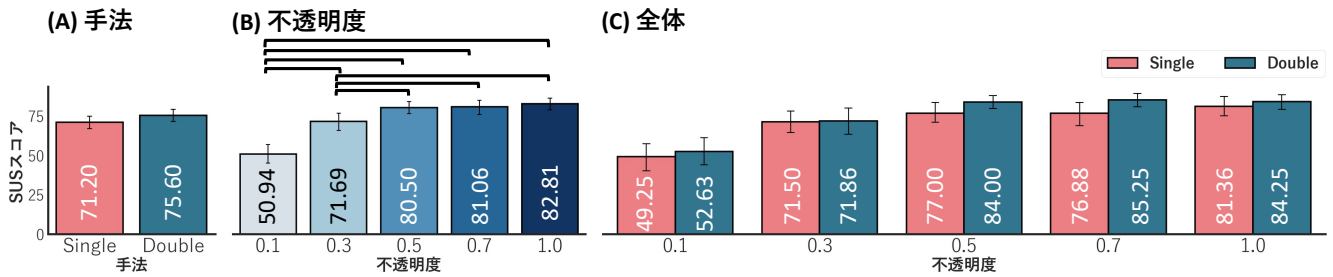


図 6 SUS スコアの結果. エラーバーは 95%信頼区間. 有意差表記の太線は  $p < .01$ .

(図 5D) , 不透明度 ( $F_{4,76} = 13.31$ ,  $p < .01$ ) について有意差が確認され, 1 次の相互作用として手法×不透明度 ( $F_{4,76} = 0.33$ ,  $p = .86$ ) について有意差が確認されなかった. 多重比較の結果は不透明度 0.1 と 1.0 ( $p < .01$ ), 0.1 と 0.7 ( $p < .01$ ), 0.1 と 0.5 ( $p < .01$ ) 及び 0.1 と 0.3 ( $p < .05$ ) の間にそれぞれ有意差が確認された (図 5E). 各手法の平均エラー率は Single 手法が 0.11, Double 手法が 0.080 であり, 不透明度ごとの平均エラー率は不透明度 1.0 のとき 0.076, 不透明度 0.7 のとき 0.086, 不透明度 0.5, 0.3 及び 0.1 のときにそれぞれ 0.079, 0.097, 0.13 であった. 手法と不透明度の全結果を (図 5F) に示す.

### 6.3 ユーザビリティ

SUS の平均スコアは 100 点満点のスコアであり, 得点が高いほど良い. SUS の平均スコアは, Single 手法が 71.20, Double 手法が 75.60 であり, 不透明度ごとの平均スコアは, 不透明度 1.0 のとき 82.81, 不透明度 0.7 のとき 81.06, 不透明度 0.5, 0.3 及び 0.1 のときそれぞれ 80.50, 71.69, 50.94 であった (図 6A, B). また, 平均スコアに関して手法には有意差が確認されず ( $F_{1,19} = 3.26$ ,  $p = .087$ ) (図 6A), 不透明度に関しては有意差が確認された ( $F_{4,76} = 62.28$ ,  $p < .01$ ). また, 1 次の相互作用として手法×不透明度 ( $F_{4,76} = 1.32$ ,  $p = .27$ ) について有意差が確認されなかった. 多重比較の結果は不透明度 0.1 と 1.0, 0.1 と 0.7, 0.1 と 0.5, 0.1 と 0.3, 0.3 と 1.0, 0.3 と 0.7 及び 0.3 と 0.5 の間に有意差が確認された ( $p < .01$ ). (図 6B) 手法と不透明度の全結果を (図 6C) に示す.

### 6.4 インタビュー結果

#### 6.4.1 手法の好み

アンケートを通して実験参加者に 2 手法の好みを尋ねたところ, 実験参加者 20 名中 2 名が Single 手法を好み, 18 名が Double 手法を好んだ. Single 手法に対しては 20 人中 2 人が片手の親指のみ, 18 人が両手の親指を使って入力し, Double 手法に対しては, 20 人中 14 名が片手の親指で入力し, 6 名が両手の親指で入力した.

Single 手法を選んだ参加者は「Double 手法は二つのキーボードが配置されていて, 戸惑うことがあった (P11)」と

意見をしている.

一方, Double 手法を選んだ中で, 両手入力をした参加者からは「手を動かす範囲が少ないため, 負担なく両手の親指が使えるから (P1,3,18)」や「内側フリックのやりやすさから, 使う手を最適化した (P9)」という意見が得られた. また, 「どちらの指でもすべてのキーが入力できるため, 右手で打とうか左手で打とうか考えず入力できた (P3,4)」という意見や, 「入力画面とキーボードを同時に見ながら入力すると入力しやすく, 動画と入力を並行しやすいと思う (P1,10)」という意見もあった. 一方, Double 手法を片手のみで入力したユーザからは, 「片手のみですべてのキー入力が成立するので, いつものスマホの感覚や指の動かし方に近いから (P2,6,12,20)」など, 縦持ち配列への慣れによるものと, 「普段から右手をよく使うので, 範囲が小さいほうが入力が容易であるから (P2,7,8,14,19)」や「私は左手が入力に使いがらるので, Single 手法だと右手だけでは疲れてしまったから (P15)」などの片手での完結した操作性の 2 つの理由が多かった.

#### 6.4.2 不透明度

手法インタビューでの負担なく入力可能だと感じる最小不透明度への回答は図 7 のようになった. インタビュー中の発言や自由記述では, 選択した不透明度より減少すると「ボタンの枠や文字が見えなくてミスが多くなったり負担が大きくなった (P1,2,3,4,10,14,19)」という意見が多かった. また, 不透明度が極端に減少すると多くの参加者がキーボードに不安感や苛立ちを感じ (P5,7,8,9,16,18), 「キーボードの境界線や一部のキーだけでも見えてほしい (P5,9)」という意見もあった.

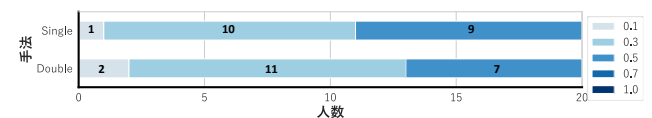


図 7 手法ごとに選ばれた入力可能な最小不透明度

## 7. 考察

本稿では, 横持ちスマートフォンにおけるダブルフリックキーボード及び, 動画背景での半透明キーボードの有用



性について評価を行うために、動画背景でのテキスト入力タスクを行った。その結果、以下の点が明らかになった。

- (1) Double 手法は、Single 手法よりも高速かつエラー率が低く、好まれる手法であった。
- (2) 手法の好みを問うアンケートに対し参加者 20 人中 18 人が Double 手法を選んだ。Single 手法に対しては、18 人が両手、2 人が片手のみで入力し、Double 手法に対しては、6 人が両手、14 人が片手のみで入力した。
- (3) 入力速度、エラー率、SUS スコアにおいて、不透明度 0.3 または 0.1 は不透明度 0.5 以上の半透明キーボードに対して有意にパフォーマンスが低下した。

## 7.1 横持ちスマートフォンでの日本語フリック入力

Double 手法は Single 手法よりも高速でエラー率も低く、ユーザからも好まれる傾向にあった。この理由は大きく 2 種類と考えられる。1 つ目は、自然な両手持ち姿勢時の親指近くにキーボードが配置されていることである。つまり、操作時に親指を大きく動かす必要がないため、入力の負担が軽減されていると考えられる。特にフリック入力は指を上下左右様々な方向に動かす動作が多いため、手元への配置は重要であると考えられる。2 つ目は、普段操作に慣れている縦持ちキーボードを配置したことであると考えている。つまり、フリック入力に慣れたユーザは、スマートフォンを横持ちで両手持ちした状態でも縦持ちキーボードの感覚で文字入力できるため、縦持ちキーボードの拡張デザインである Double 手法が好まれたと考えられる。特に、我々は縦持ちキーボードの「片手のみで文字キー入力が完結する設計」が重要であったと考えている。実験タスク前のアンケートから、フリック入力の特徴として、どのユーザも片手のみでの入力になじみがあることが明らかになった。結果として、Single 手法のように、片手操作ではすべての文字キーが入力しづらい設計には違和感や操作しにくさを感じていると考えられる。一方、片手で文字入力が完結していれば、両手の活用も有用であると考えている。設計時の予備テスト及び P3,4 からは Double 手法に対し「どちらの手か意識することなく操作できた」という意見が得られた。つまり、普段両手入力するユーザは、手からの距離に関わらず動かしやすい形でキー入力をするため、Double 手法のようにどちらの手からもすべての文字キーが操作できる手法を好んだと考えられる。この片手完結な入力操作は QWERTY キーボードでの入力 [28,29] と異なる、スマートフォン上の日本語フリック入力ならではの特徴であるとみなせる。

Double 手法のデザイン、特にキーボードを両端に配置するべきか、参加者間で好みが変わった。片手のみでの操作を行ったユーザにとっては片側配置で十分であり、動画領域の確保としても都合が良い。一方、両側配置は、比較的高速に入力できることが期待でき、即時的で高速なチャッ

ト入力を要するライブ配信には大きな利点となる。また [27] と同じように周辺視野による操作可能性を示唆する意見も確認されたことから、動画視聴とチャット入力の両立が期待できる。よって、ユーザの好みに応じて両手用と片手用を変更できる設計や、今回検討できなかった予測変換や UI の表示領域の兼ね合いを踏まえた選択をしていくことが重要であると考ええる。

## 7.2 動画背景と不透明度の影響

不透明度 0.1 と 0.3 は入力速度とユーザビリティが有意に低下すること、不透明度 0.1 はエラー率が有意に増加することがわかった。また、多数の実験参加者が 0.3 または 0.5 の不透明度を「負担なく入力可能な最小不透明度」として選択し、不透明度が 0.1~0.3 の半透明キーボードはユーザに輸入への不安感や苛立ちを与えてしまうことがわかった。よって、動画背景でのチャット入力を迫られるライブチャット入力タスクにおいて、不透明度 0.1~0.3 程度の半透明キーボードは入力速度、ユーザビリティに悪影響を与えてしまうものの、不透明度 0.3 以上の半透明キーボードはユーザが許容できる程度の透明度であると考えられる。また、検証から得られた設計方法に関する知見を示す。不透明度が減少するにつれ、単色かつ明るい背景での入力が困難になるという意見が散見された。よって予測変換などの UI は背景の明るさや色に合わせて [22] のように輝度やぼやけ具合を変えることも有効であると考えられる。参加者の中には、透明度が上がるにつれて枠線が見えなくなることを嫌う意見が多かったが [23] では Read タスクにおいて枠線がない方が強く好まれることから、動画の視聴しやすさとキーボードの入力しやすさにトレードオフの関係があると考ええる。

## 7.3 本検証の限界と今後の課題

本研究では、ダブルフリックキーボードが横持ちでのスマートフォン入力に適すること、及び動画背景での適切な不透明度を検証した。一方、実際のライブ配信での効果や、没入感への影響については示唆に留まっている。また、参加者は年齢層が若く、かつフリック入力に慣れた参加者に偏っている。加えて、ライブ配信時のチャット入力の効果に関する研究は乏しいことから、本検証はその一歩としていくつかの要素を簡略化した検証を行なった。具体的には、動画背景での入力に対する不透明度の影響を正確に検討するために、入力欄のデザイン検討は見送った。また文法や誤字脱字より即時性を重要視するコメント文化 [1,5] から、かな漢字変換の検討を保留した。よって、今後はこれらの機能やライブチャットによく使われる絵文字、ステッカー、投げ銭やエフェクト効果などとの連動性が高いデザインの検討が必要である。

## 8. まとめ

本研究ではライブ配信視聴者に対するインタビュー調査から、横持ちスマートフォンでの動画視聴とチャット入力の両立手法の必要性を明らかにした。この問題に対し、ダブルフリックキーボードと動画背景に対する半透明キーボードの有用性をユーザビリティの観点から検証した。その結果から、横持ちスマートフォンに配置されたダブルフリックキーボードの有用性や利用傾向、動画背景での不透明度の影響について考察した。

## 参考文献

- [1] Donghee Yvette Wohn, Guo Freeman, and Caitlin McLaughlin. 2018. Explaining Viewers' Emotional, Instrumental, and Financial Support Provision for Live Streamers. In *Proc. CHI '18*. ACM, NY, USA, Paper 474, 1–13.
- [2] Youtube, <https://www.youtube.com> (Accessed on 10/01/2021)
- [3] Twitch tv, <https://www.twitch.tv/p/about/> (Accessed on 10/01/2021)
- [4] John C. Tang, Gina Venolia, and Kori M. Inkpen. 2016. Meerkat and Periscope: I Stream, You Stream, Apps Stream for Live Streams. In *Proc. CHI '16*. ACM, NY, USA, 4770–4780.
- [5] Oliver L. Haimson and John C. Tang. 2017. What Makes Live Events Engaging on Facebook Live, Periscope, and Snapchat. In *Proc. CHI '17*. ACM, NY, USA, 48–60.
- [6] Joseph Seering, Robert Kraut, and Laura Dabbish. 2017. Shaping Pro and Anti-Social Behavior on Twitch Through Moderation and Example-Setting. In *Proc. CSCW '17*. ACM, NY, USA, 111–125.
- [7] Zhicong Lu, Haijun Xia, Seongkook Heo, and Daniel Wigdor. 2018. You Watch, You Give, and You Engage: A Study of Live Streaming Practices in China. In *Proc. CHI '18*. ACM, NY, USA, Paper 466, 1–13.
- [8] Colin Ford, Dan Gardner, Leah Elaine Horgan, Calvin Liu, a. m. tsaaan, Bonnie Nardi, and Jordan Rickman. 2017. Chat Speed OP PogChamp: Practices of Coherence in Massive Twitch Chat. In *Proc. CHI EA '17*. ACM, NY, USA, 858–871.
- [9] Matthew K. Miller, John C. Tang, Gina Venolia, Gerard Wilkinson, and Kori Inkpen. 2017. Conversational Chat Circles: Being All Here Without Having to Hear It All. In *Proc. CHI '17*. ACM, NY, USA, 2394–2404.
- [10] Jiajing Guo and Susan R. Fussell. 2020. A Preliminary Study of Emotional Contagion in Live Streaming. In *Proc. CSCW '20*. ACM, NY, USA, 263–268.
- [11] Google LLC: Google 日本語入力, <https://www.google.co.jp/ime/>
- [12] 松野祐典, 栗原一貴, 宮下芳明. 2012. 動画共有サイトでの視線共有の試み. インタラクション 2012. 情報処理学会. 611–616.
- [13] Justin D. Weisz and Sara Kiesler. 2008. How text and audio chat change the online video experience. In *Proc. UXTV '08*. ACM, NY, USA, 9–18.
- [14] 吉田有花, 宮下芳明. 2011. ノリ乗りー観客のノリを動画に乗せて疑似ライブ感を共有するシステムの提案ー. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2011 論文集. 情報処理学会, 232–234.
- [15] Saelyne Yang, Changyoon Lee, Hijung Valentina Shin, and Juho Kim. 2020. Snapstream: Snapshot-based Interaction in Live Streaming for Visual Art. In *Proc. CHI '20*. ACM, NY, USA, 1–12.
- [16] Pascal Lessel, Alexander Vielhauer, and Antonio Krüger. 2017. Expanding Video Game Live-Streams with Enhanced Communication Channels: A Case Study. In *Proc. CHI '17*. ACM, NY, USA, 1571–1576.
- [17] John Joon Young Chung, Hijung Valentina Shin, Haijun Xia, Li-yi Wei, and Rubaiat Habib Kazi. 2021. Beyond Show of Hands: Engaging Viewers via Expressive and Scalable Visual Communication in Live Streaming. In *Proc. CHI '21*. ACM, NY, USA, Article 109, 1–14.
- [18] Zhicong Lu, Seongkook Heo, and Daniel J. Wigdor. 2018. StreamWiki: Enabling Viewers of Knowledge Sharing Live Streams to Collaboratively Generate Archival Documentation for Effective In-Stream and Post Hoc Learning. In *Proc. CSCW*. ACM, NY, USA, Article 112, 1–26
- [19] Pei-Yun Tu, Mei-Ling Chen, Chi-Lan Yang, and Hao-Chuan Wang. 2016. Co-Viewing Room: Mobile TV Content Sharing in Social Chat. In *Proc. CHI EA '16*. ACM, NY, USA, 1615–1621.
- [20] Suwen Zhu, Tianyao Luo, Xiaojun Bi, and Shumin Zhai. 2018. Typing on an Invisible Keyboard. In *Proc. CHI '18*. ACM NY, USA, Paper 439, 1–13.
- [21] Yoshitomo Fukatsu, Buntarou Shizuki, and Jiro Tanaka. 2013. No-look flick: single-handed and eyes-free japanese text input system on touch screens of mobile devices. In *Proc. MobileHCI '13*. ACM, NY, USA, 161–170.
- [22] W Bradford Paley. 2003. Designing better transparent overlays by applying illustration techniques and vision findings. In *Proc UIST '03*, Supplement. 57–58
- [23] Sunjun Kim and Geehyuk Lee. 2018. Design and Evaluation of Semi-Transparent Keyboards on a Touchscreen Tablet. In *Proc. ISS '18*. ACM, NY, USA, 155–166.
- [24] クラゲ日本語入力, <http://kurage.tinyfort.net/> (Accessed on 10/01/2021).
- [25] 鳥山らいか, 宮下芳明. 2019. InvisibleFlick: 小型タッチスクリーン端末におけるキートップが透明な日本語入力キーボード. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 情報処理学会, 2019-HCI-182 巻, 27 号, 1-8.
- [26] 中村優哉, 細部博史. 2019. "画面スペースの削減を目的としたタブレット用両手フリック日本語入力キーボード. 電子情報通信学会総合大会. 電子情報通信学会, H-2-14, 1-4.
- [27] Yiqin Lu, Chun Yu, Shuyi Fan, Xiaojun Bi, and Yuanchun Shi. 2019. Typing on Split Keyboards with Peripheral Vision. In *Proc. CHI '19*. ACM, NY, USA, Paper 200, 1–12.
- [28] Shiru Azenkot and Shumin Zhai. 2012. Touch behavior with different postures on soft smartphone keyboards. In *Proc. MobileHCI '12*. ACM, NY, USA, 251–260.
- [29] Shyam Reyah, Shumin Zhai, and Per Ola Kristensson. 2015. Performance and User Experience of Touchscreen and Gesture Keyboards in a Lab Setting and in the Wild. In *Proc. CHI '15*. ACM, NY, USA, 679–688.
- [30] 君岡銀兵, 志築文太郎, 田中二郎. 2010. マルチタッチを利用した携帯情報端末用日本語入力方式とその評価. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI). 2010-HCI-138 巻, 10 号, 1-6.
- [31] Yuya Nakamura and Hiroshi Hosobe. 2020. A Japanese Bimanual Flick Keyboard for Tablets That Improves Display Space Efficiency. In *Proc. VISIGRAPP '20* 170-177.
- [32] Takaki Tojo, Tsuneo Kato, and Seiichi Yamamoto. 2018. BubbleFlick: investigating effective interface for Japanese text entry on smartwatches. In *Proc. MobileHCI '18*. ACM, NY, USA, Article 44, 1–12.
- [33] John Brooke. 1996. SUS- A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*. 189-194.
- [34] Kuno Kurzhals, Fabian Göbel, Katrin Angerbauer, Michael Sedlmair, and Martin Raubal. 2020. A View on the Viewer: Gaze-Adaptive Captions for Videos. In *Proc. CHI '20*. ACM, NY, USA, 1–12.
- [35] 株式会社ドワンゴ. 2018. ニコニコ動画コメント等データ. 国立情報学研究所 情報学研究データリポジトリ.