

# スマートフォンのみを用いた首の角度リアルタイム推定手法 のハッカソンによる応用可能性の検証

渡邊 健斗<sup>1</sup> 中村 聰史<sup>1</sup>

**概要：**スマートフォン利用時において、スマートフォンを肩より下で持ち、上から覗き込むようなうつむいた姿勢で操作してしまう人が多くみられる。首は傾きが大きいほど負荷が増加するため、このような姿勢を避けることが望ましい。我々はこうした問題を解決するため、スマートフォンのみを用いてリアルタイムに首の角度を推定する手法を提案し、シリアルゲームに応用したケーススタディを行ってきたが、手法の応用可能性は明らかにできていなかった。そこで本研究では、推定精度を向上させるとともにライブラリ化することで他者が本手法を利用可能とし、ハッカソンを開催することにより検証した。ハッカソンにより多様なアイディアや創造性の高いアプリケーション例が得られ、本手法およびライブラリの応用可能性が示唆された。

**キーワード：**姿勢矯正、ストレートネック、スマホ首、首の角度推定、ハッカソン

## 1. はじめに

首の骨がまっすぐになってしまい、首にかかる負荷が分散できず首への負荷が増大する、「ストレートネック」が大きな問題となっている[1]。

ストレートネックになってしまふと首こりや肩こりといった健康面、美容面、精神面などに様々な悪影響がある。このストレートネックは、何らかの対象を上から覗き込むような形でうつむいた、頭部前方位姿勢を長時間続けることによりなりやすいことが知られている。

ここで、頭部前方位姿勢になりやすい状況として、スマートフォン利用時があげられる。実際、我々がYahoo!クラウドソーシング<sup>\*1</sup>にて男女2,000名を対象としたアンケート調査を2023年7月に行ったところ、有効回答者1,623人のうち約83%の人がスマートフォンを首の高さ以下の位置で利用していると回答していた[2]。そもそも首は傾が大きいほど首にかかる負荷が増加することが報告されており[3]、日常的にうつむいた姿勢でスマートフォンを利用していると首に大きな負荷がかかることになる。この、スマートフォン利用時の頭部前方位姿勢を防ぐには、日常的に姿勢に注意してスマートフォンを利用する必要があるが、自身で意識することは容易ではない。そのため、システム等に

よってユーザのスマートフォン利用時の姿勢をリアルタイムで推定し、姿勢に関してフィードバックを返すことが重要であると考えられる。

このような問題を解決するため、我々はこれまでにスマートフォンのみを用いてユーザの首の角度を推定する手法を実現し、 $0^\circ \sim 60^\circ$ の姿勢を $10^\circ$ 刻みに分類した場合に、平均30~40%程度の正解率で推定可能であることを明らかにした。また、本手法をシリアルゲームに応用した結果、姿勢に応じたフィードバックがユーザの姿勢矯正意識を促進させる一方、その不安定さによりユーザ体験を低減させている可能性が示唆された。

そこで本稿では、首の角度推定の精度を向上しライブラリとして利用可能とともに、その応用可能性について検証する。ここでは、システムの応用可能性を評価するため、Katoら[4]や栗原ら[5]のハッカソンを用いた評価を参考に、ハッカソンを実施することにより応用可能性などについて検証する。

## 2. 関連研究

### 2.1 スマートフォンの利用と首への負担に関する研究

Namwongsaらは、タイの学生799名に対し、スマートフォンの利用と筋骨格系障害に関するアンケート調査を行い、12ヶ月の実験の結果喫煙とスマートフォン利用時間が頸部筋骨格系障害と関係していることを明らかにした[6]。また、様々な首の角度で1分30秒のテキスト入力作業を行

<sup>1</sup> 明治大学

Meiji University

\*1 <https://crowdsourcing.yahoo.co.jp>

う実験を行った結果、スマートフォン利用時の首の角度は $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の間が望ましいことを明らかにしている[7]。さらにLee[8]は、スマートフォンの利用者の首の角度、可動域、筋持久力、痛みと障害の関係を調査し、首を曲げた姿勢でのスマートフォンの利用時間が長いほど首の痛みが悪化し、日常生活に支障を感じる日数が増えることを明らかにしている。

我々の研究は、この首を曲げた状態でのスマートフォン利用による身体への負担を軽減させるため、ユーザの首の角度を推定しフィードバックするものである。

## 2.2 スマートフォン利用時の姿勢矯正システム

スマートフォン利用時における姿勢矯正については、ケーブル部分が首のラインに沿うようになっているネックバンド型のワイヤレスイヤフォンを装着し、ケーブル部分に加速度センサを設置するもの[9]や、ウェアラブルネックレスの首裏部分に加速度センサを設置するもの[10]、導電性糸を用いて電子機器をテキスタイルに組み込む技術を用いたベスト[11]など様々な形態のものがある。これらの研究では、首筋や首裏に直接センサを取り付けるため正確に首の角度を取得できる一方、ウェアラブルセンサを購入、装着しなければならず、導入コストが高い。

一方、スマートフォンのみを用いた姿勢矯正システムについても多数研究されている。Gupta[12]は、スマートフォンの加速度センサから傾きを取得し、その値をもとにユーザの姿勢を判定している。またLeeら[13]やLawanontら[14]は、スマートフォンの傾きと内カメラの映像に映るユーザの顔領域の大きさ、形状、明るさ等を用いてユーザの姿勢を判定するシステムを実現している。これらの研究では、ユーザの背筋に対する首の角度と首に対する顔の角度が同一のものとして扱われており、首に負荷をかける要因を正確に推定することができていない。

我々の研究もこれらの研究と同様にスマートフォン利用時のユーザの首の角度を推定するものであるが、スマートフォンのみでユーザの顔の角度を考慮して首の角度推定を行うものである。

## 2.3 ハッカソンに関する研究

ハッカソンは創造的な共創の場として様々な場面で利用されており、研究においても広く用いられている。ハッカソンを扱った研究では、コミュニケーションや教育の場としての機能や参加者の体験にフォーカスしているものが多い[15-17]が、ハッカソンを評価に用いた研究も多く存在する。加藤ら[18]はリリックアプリを容易に開発できるフレームワークを提案し、プログラミングコンテストの応募作品を通じてその有効性を評価している。Jeanetteら[?]は過去に行われたハッカソンを用いた研究を分析すること

により、創造性は新規性と有用性によって評価でき、ハッカソンの規模や競争率などによって影響されると述べている。また方法論としてのハッカソンについても調査しており[19]、同様に過去のハッカソンを用いた研究をプログラム理論を適応して分析することで、インプット、プロセス、成果の3つの要素のうち、インプットとプロセスにおいて学習メカニズムを促進するようにデザインすべきだと述べている。

本稿もこれらの研究と同様にハッカソンを用いてシステムの有用性を評価するものであり、得られた成果物や参加者からの評価を分析することでこれを検証する。

## 3. 推定精度向上

これまでの研究[2]において精度が低下してしまった要因として、正解データの不正確さ、学習方法の不適切さなどが考えられた。そこで本稿では、人手によるアノテーションを行うことで正解データのノイズを軽減し、また学習方法を最適化することで推定精度の向上を図る。

### 3.1 正解データのアノテーション

これまでの研究[2]において、首の角度にまつわるデータセットを5人の参加者から取得していた。その際、データセット構築の際参加者を真横から撮影し、肩と耳に貼り付けたARマーカを結んだ直線の傾きを求めて正解データとしていた。しかし、このような方法ではユーザの肩の位置によって同じ首の角度でも値が変わってしまうという問題があった。例えば、巻き肩のように通常より肩が内側に入り込んでしまうと実際の値より小さく、逆に胸を張るように肩を外に開いてしまうと実際の値より大きく計測されてしまうことがあった。

そこで本稿では、計測された肩や耳のランドマークの位置を人手でアノテーションを行い修正することで、正解データの質を向上させた(図1)。1件のデータにつき2人のアノテータを割り当て、その平均を取ることで新しい正解データとした。なお、各アノテータにチュートリアルを行ってもらい基準を共有した。また、アノテータ間で $10^{\circ}$ 以上の差がある場合は、両者の差が $10^{\circ}$ 未満になるように再度アノテーションしてもらった。

アノテーションの結果、計8人のアノテータから11,414件のデータに対してアノテーションが得られた。ここで、データセット構築に参加した5人のうち1人の首の角度についてアノテータ間の評価の差が大きく、また $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$ に広く分布しているはずのデータのうち $0^{\circ}$ のデータが極端に少なくなってしまった。そのため、この1人のデータを学習の対象から除外した。そのため、最終的には4人の参加者(男性3人、女性1人)からなる9,387件のデータを学習および評価対象とした。

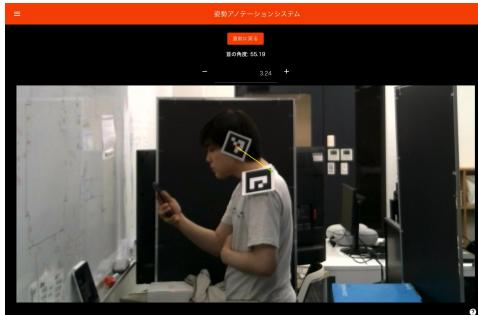


図 1: アノテーション画面

### 3.2 学習方法の改善

これまでの研究では、特微量同士や目的変数の非線形な関係や推論速度、ロバスト性などから決定木アルゴリズムを用いるランダムフォレストやエクストラツリーを用いて学習を行ってきた。しかし、特微量の非線形で複雑な交互作用をより精密に表現しやすい勾配ブースティングを用いたモデルの方が適している可能性がある。そこで本稿では、リアルタイム性が高い LightGBM を用いて学習を行い、その結果を比較する。このとき、これまでの研究ではモデルが特微量を解釈しやすいように加工していたが、LightGBM では特微量をより精密に解釈するため、加工前と加工後、これまで計算コストの観点から除外していた特微量も含めて学習した。なお、ハイパーパラメータを適切にチューニングし正規化することでノイズや過学習を抑制した。

また、収集したデータセットには  $0^\circ$ ～ $60^\circ$  の範囲でデータ量にばらつきがあり、 $0^\circ$  付近のデータが少なく、 $60^\circ$  付近のデータが多い傾向にあった。そのようなデータ分布の偏りを反映した学習が行われてしまい推定精度が低下していた可能性が考えられる。そのため、 $0^\circ$ ～ $60^\circ$  を  $15^\circ$  ごとに分割し、各範囲のデータ量が等しくなるようにアンダーサンプリングを行った。その結果、実際に学習に使われたデータは 3,000 件～3,500 件程度であった。

### 3.3 結果

5 分割交差検証を用いて精度検証した結果について、メトリクスの比較を表 1 に示す。ここで、従来モデルはエクストラツリーを用いてアノテーション前のデータを学習したものを、改善モデルは LightGBM を用いてアノテーション後のデータを学習したものと指す。なお、改善モデルのみでアンダーサンプリングを行い、正確な正解データに対する推定精度を評価するために両モデルでアノテーション後の値を正解データとして用いた。表から、 $R^2$ （決定係数）、 $MAE$ （平均絶対誤差）、 $RMSE$ （二乗平均平方根誤差）の全ての指標において従来モデルに比べ精度が向上していることがわかる。また従来モデルと改善モデルについて、正解データとそれに対する推定値  $0^\circ$ ～ $60^\circ$  を  $15^\circ$  ごとに分類した際の確率マトリクスをそれぞれ表 2、表 3 に

表 1: 推定精度のメトリクス比較

	$R^2$	$MAE$	$RMSE$
従来モデル	0.51	12.12	15.91
改善モデル	0.88	5.60	7.38

表 2: 従来モデルの分類確率

		推定値 [°]				
		0	15	30	45	60
正解データ [°]	0	0.13	0.77	0.09	0.00	0.00
	15	0.02	0.63	0.32	0.03	0.00
	30	0.02	0.32	0.44	0.21	0.00
	45	0.01	0.14	0.28	0.52	0.05
	60	0.00	0.06	0.14	0.42	0.38

表 3: 改善モデルの分類確率

		推定値 [°]				
		0	15	30	45	60
正解データ [°]	0	0.70	0.28	0.01	0.00	0.00
	15	0.08	0.70	0.21	0.01	0.00
	30	0.01	0.18	0.64	0.17	0.00
	45	0.00	0.01	0.17	0.72	0.10
	60	0.00	0.00	0.01	0.26	0.73

示す。対角線上のセルの値が高いと高精度に推定できていることを表す。従来のモデルでは  $0^\circ$  と  $60^\circ$  で対角線上のセルの値が小さく、その他の角度ではおよそ 40～60% 程度であったのに対し、改善後はほとんどの角度で 70% 以上となった。これは、従来モデルが学習していた正解データが特に  $0^\circ$  や  $60^\circ$  付近で不正確だったこと、学習方法の改善により推定の安定性が向上したことが要因であると考えられる。これにより、本手法の応用可能性が向上することが期待される。

## 4. 首の角度推定ライブラリ

### 4.1 概要

参加者がより容易に本手法をアプリケーションに取り込めるよう、カメラやセンサのアクセスリクエストやバックエンドへの API リクエスト、姿勢推定成功時のコールバック関数の設定など必要な処理を実装しやすくした JavaScript ライブラリを開発し、公開した<sup>\*2</sup>。ライブラリ利用者は図 2 に示すようなシンプルなコードで首の角度推定を行うことができる。

### 4.2 首の角度推定システムの動作環境

首の角度推定システムは GPU (NVIDIA GeForce RTX 4090, 24GB) を搭載した PC で動作させた。REST API としてセンサ情報や画像フレームを受け取り、特微量抽出、推論、DB I/O を行ったのち推定結果を返すようになって

<sup>\*2</sup> <https://github.com/nkmr-lab/neck-pose-estimator>

```
// インスタンス化
const estimator = new NeckAngleEstimator({
  apiBaseUrl: "/path/to/api",
  appId: "<your_app_id>",
  interval: 1000, // default 500[ms]
});
estimator.onEstimate((result) => {
  console.log(result.neckAngle);
});
const start = async () => {
  try {
    await estimator.sensor.requestPermission();
    await estimator.start();
  } catch (error) {
    console.error(error);
  }
};
const stop = () => {
  estimator.stop();
}
```

図 2: ライブライリを用いたサンプルプログラム

いる。シングルプロセスでの処理時間は 1 リクエストあたり約 0.2 秒～0.3 秒程度要するため、12 人からの同時リクエストを断続的に処理できるよう、API サーバを 2 つ用意し、各サーバで 3 つのアプリケーションワーカを起動した。さらに、各アプリケーションワーカには 4 つの推論用プロセスを割り当てることで、1 台のサーバにつき最大 12 件の推論を並列に実行できるようにした。リクエストはグループ単位でサーバを均等に振り分けることで、多数の同時リクエストが発生した場合でも処理が滞りにくいようにした。なお、実装の簡略化のため 2 台の API サーバにリクエストを中継するプロキシサーバを用意した。

パフォーマンステストとして、1 端末から 0.3 秒ごとに約 3 分間リクエストを送った際の処理時間の統計量を表 4 に示す。本推定手法は大きくスマートフォンに対するユーザの顔の角度を推定する頭部姿勢推定、目や鼻、首元などのランドマークを取得する骨格推定、それらの情報を含んだ特徴量を用いた回帰モデルによる推論の工程に分けられる。なお、頭部姿勢推定と骨格推定はマルチプロセスにより非同期で取得している。表から、回帰モデルを用いた推論にはほとんど時間がかかっておらず、次に頭部姿勢推定、骨格推定の順に時間がかかっていることがわかる。

また、骨格推定と全体の合計が同程度の値を示していることから、骨格推定の処理速度がボトルネックとなっているといえる。骨格推定の処理速度は GPU の処理性能や処理する画像サイズに依存しており、現状のシステムではフロントエンドから送られてきた画像データを  $384 \times 384$  ピクセルにリサイズしているが、この値をさらに小さくすることで処理速度が向上する可能性がある。一方、画像サイズを小さくするほど画像解析の精度が低下すると予想されるため、処理速度と推定精度はトレードオフの関係にあるといえる。また、頭部姿勢推定と骨格推定において、平均

表 4: 頭の角度推定における各工程の処理時間 (秒)

	頭部姿勢推定	骨格推定	推論	合計
平均	0.073	0.197	0.001	0.210
標準偏差	0.153	0.089	0.000	0.141
中央値	0.028	0.166	0.001	0.168
最小値	0.017	0.138	0.000	0.139
最大値	1.706	0.849	0.004	1.708

と標準偏差に対して最大値が大きく、外れ値となるような値が存在していることがわかる。これは、API ワーカが再起動してしまうことで頭部姿勢推定や骨格推定を行う推論モデルが再度ロードされ、その後の初回推論時にオーバーヘッドが発生しているためと考えられる。

## 5. ハッカソン

### 5.1 概要

提案手法の応用可能性を検証するため、ハッカソンを開催した。参加者には 4 章のライブラリを使ってアプリケーションを開発してもらった。ハッカソンでは、発案されたアイディアの多様性や開発されたアプリケーションの他者評価から手法の応用可能性を、参加者の主観評価や参加者の会話ログからライブラリの開発容易性を評価した。参加者は研究室内の大学生 3 年～大学院修士 1 年の 12 人であり、JavaScript や HTML などの基本的な Web 開発の知識を有していた。

### 5.2 ハッカソンの流れ

参加者は 2 人 × 6 グループに分けられ、アイディア出しの際に他のグループの影響を受けにくいうるグループごとに離れて着席してもらった。ハッカソンはアイディアセッション（2 時間）、開発セッション（4 時間 30 分）、最終成果発表（30 分）に分けられ、アイディアセッションと開発セッションの間と開発セッションの途中に 30 分ずつの休憩を設けた。

アイディアセッションでは、テーマを与えられた後 30 分間グループごとにそのテーマに関するアイディアを出してもらい、各グループ 60～90 秒でそのアイディアについて発表してもらうという流れを合計 3 回行ってもらった。発表はスライドを用いない口頭発表で、アプリケーションの内容に加えてターゲットユーザ、アプリケーションが活用されるシチュエーションについて説明してもらった。その後、発表内容についてメモに記述してもらった。また、Helpfeel Cosense<sup>\*3</sup> を用いて各グループの発表に対して他のグループからリアルタイムで感想やコメントなどを書いてもらうことで相互フィードバックを得られるようにした。

アイディアセッションで提示した 3 つのテーマはそれぞれ以下である。

- 高校生向けの姿勢矯正アプリ

<sup>\*3</sup> <https://cosen.se/>

- 大学生・大学院生向けの姿勢矯正アプリ
- 学生向けの姿勢矯正アプリ

各テーマで、PC やタブレットではなくスマートフォン利用時のアプリケーションを考えること、他のグループやセッションとは違う斬新なアプリケーションを考えることについて教示した。

開発セッションでは、アイディアセッションで考えた 3 つのアプリケーションの中から 1 つ選ぶか、さらに新しく考えたアプリケーションについて開発してもらった。ハッカソン、あらかじめグループごとに用意した VPS サーバにログインしてもらい、その中で開発してもらった。VSCode の拡張機能である *SSH FS*<sup>\*4</sup> を用いてログインしてもらうことで、普段の開発環境に近い状態で共同開発をしてもらった。

冒頭の 30 分でサーバへのログインやライブラリについての説明、ライブラリを使ったサンプルプログラムの動作確認を行い、その後 4 時間各グループごとに開発を行ってもらった。開発の際は、簡単のためフロントエンドをフレームワークなどを用いないシンプルな HTML/JavaScript/CSS で実装してもらい、必要に応じて PHP や MySQL などを用いてサーバサイドの処理を実装してもらった。また、短時間での開発になるため生成 AI の活用を推奨した。開発の進み方や開発が難航したポイントを分析するため、参加者の同意のもと開発中の会話を録音してもらった。

最終成果発表では、スライドを用いて実際に開発したアプリケーションについて説明してもらった。各グループ 5 分程度で発表してもらい、ターゲットユーザ、着目した問題点や課題、ユースケース、アプリケーションのアピールポイント、アプリケーションのデモを含めるように求めた。なお、最終成果発表を録画することで、ハッカソンに参加していない評価者 10 人（修士 2 年 7 人、博士 1 年 2 人、教員 1 人）に開発されたアプリケーションの創造性や発展性について評価してもらった。また、参加者からも最終成果発表終了後にアイディアや実際に開発したアプリケーションの満足度、ライブラリの使いやすさなどについての主観評価を収集した。

## 6. 成果物とその評価

### 6.1 成果物の概要と創造性の評価

ハッカソンにより得られた最終結果として発表されたアプリケーション 6 件と、アイディアセッションで得られたものの実装はされなかった 13 件を合わせた計 19 件のアイディアについて、アプリケーションのジャンルと首の角度推定を用いたフィードバックの粒度をもとにカテゴリ化した結果を表 5 に示す。フィードバックの粒度は閾値を用いた二值的なもの、連続値をある程度の間隔でまとめた段

\*4 <https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=Kelvin.vscode-sshfs>

表 5: アイディアの分類結果 [個]

	二値	段階	連続	合計
ゲーム	1	1	2	4
SNS	1	1	2	4
日常的なログ	3	1	1	5
その他特定のシーン	2	2	2	6
合計	7	5	7	19

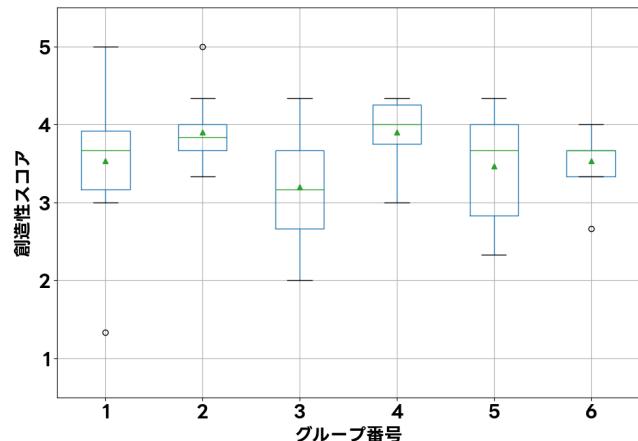


図 3: 最終成果物の創造性スコア

階的なもの、連続値をそのまま用いる連続的なものに分けられる。表から、ジャンルやフィードバックの粒度に偏りなく応用例が考え出されていることがわかる。

また、最終成果として発表されたアプリケーション 6 件について、創造性を評価した。ここで、ソフトウェアアプリケーションは一般的に新規性と有用性によって評価されることが多い、近年でも盛んに用いられている [20]。またアイディアの発散的思考の評価としては 1960 年代にトーランスが提案した TTCT (*Torrance Tests of Creative Thinking*) [21] が広く用いられ、流暢性（アイディアの数量）、柔軟性（アイディアの多様性）、新規性、精緻性（アイディアの具体性）によって評価される。ハッカソンにより開発されたアプリケーションの個々について評価するため、これらの中からアイディアの数や多様性を示す流暢性と柔軟性を除いた 3 つの指標（新規性、有用性、精緻性）を用いて、その平均を取ることで創造性スコアを算出した。評価者から得られた創造性スコアを図 3 に示す。グラフから、全体的に中程度から高い評価を得ており、中でもグループ 2 とグループ 4 が安定して高い評価を得ていることがわかる。

### 6.2 特に評価が高かったアプリケーション

評価者による創造性スコアが高かった上位 3 件について紹介する。

#### (a) NeckTube

360° 動画視聴時にスマートフォンの傾きではなくユーザーの首の角度に連動して視点を変える動画視聴アプリケーション（図 4(a)）。動画視聴時に姿勢が悪くなりやすい点

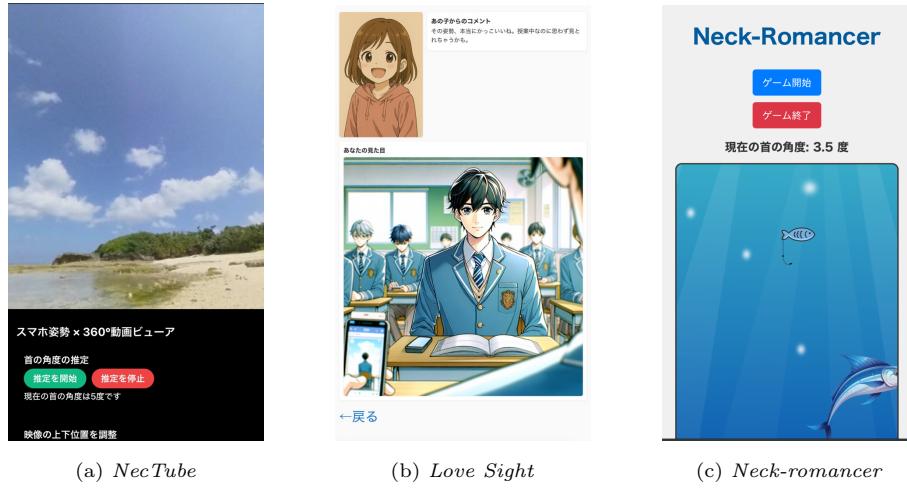


図 4: 開発されたアプリケーションのスクリーンショット

に着目し、ユーザがインタラクティブに視点を変更可能な360°動画を用いて姿勢矯正を促すことを目的としていた。評価者からは、首の角度をコントローラのように入力として使っている点、コンテンツによっては有用性が高いと思われる点などが評価されていた。

#### (b) Love Sight

スマートフォン利用時の姿勢が特に悪い場合はクラスにいる気になる異性から幻滅される内容、特に良い場合は褒められる内容のメッセージが届く通知アプリ（図 4(b)）。学生向けという点にフォーカスしてモチベーションをデザインし、通知時に異性からどのように見られているかというイメージ図を生成 AI に出力させて添付することでインパクトを増強していた。評価者からは、客観的に他人からの姿勢を提示することが有用だと思われる点、ターゲットユーザを明確に定め、それに対して効果が大きいようにデザインしている点などが評価されていた。

#### (c) Neck-romancer

スマートフォン利用中のあるタイミングで通知が届き、首の角度に連動した釣り竿を操作して魚を釣り上げるフィッシングゲーム（図 4(c)）。普段の姿勢が良いと大きな魚やレアな魚が登場しやすくなり、また釣りの際に姿勢が悪い場合に釣り竿が地面に引っかかりゲームオーバーとすることで、日常的に良い姿勢を保ちつつ定期的に首のストレッチをさせることを目指していた。評価者からは、良い姿勢を維持させるだけでなくストレッチも促している点、釣り竿を上に引っ張る動きが首の動きとマッチしていてゲームデザインの納得性が高い点などが評価されていた。

## 7. 開発体験および開発容易性の評価

### 7.1 参加者の主観評価

参加者から収集したライブラリや成果物に対する評価を図 5に示す。ライブラリの使いやすさ、首の角度推定の精度、考えたアイディアの満足度、開発したアプリケーショ

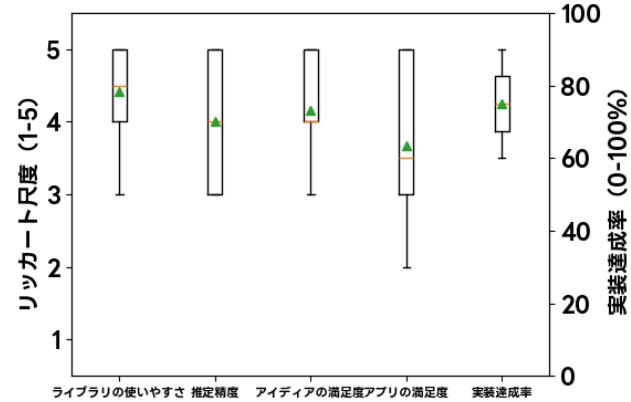


図 5: 参加者の主観評価

ンの満足度は1~5のリッカート尺度で、理想とした完成度に対する実際の実装達成率は0~100%の整数値で回答してもらった。ライブラリの使いやすさと推定精度では全体的に高い評価が得られたが、アイディアの満足度とアプリケーションの満足度、実装達成率をみると、参加者はおむねアイディアや開発したアプリケーションに満足しているものの理想に対して実際に実装したものとの満足度が低いことがわかる。参加者に苦労した点や満足でない点について聞いたところ、2人の参加者から首の角度推定のプログラムや自分がやりたいこととの連携が難しかったという意見が得られた。一方、多くの参加者はアイディアの質や機能の不十分さについて言及していた。

### 7.2 会話ログ分析

開発セッション中の会話ログから得られた開発段階の推移について図 6に示す。ここでは、開発段階を以下の4つに分類した。

- ・ 設計：アイディアの深掘りや方向性の決定、仕様策定などの上流工程
- ・ コア機能実装：首の角度推定を用いたアイディアの核となる機能の実装

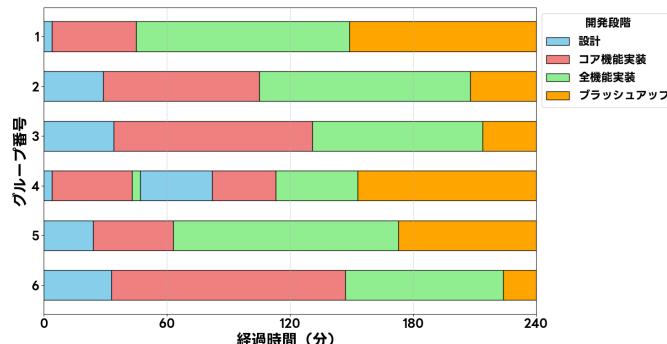


図 6: グループごとの開発の進行状況

- 全機能実装：ユーザが体験する一連のフローや全ての機能の実装
- ブラッシュアップ：細かいデザインや値の調整、発表準備など

図から、多くのグループが制限時間よりも前に余裕をもって全機能の実装を終えていることがわかる。グループ4では一度アプリケーションを実装し終えた後、そのアプリケーションをブラッシュアップすることに限界を感じ、新しいアイディアを考えて実装し発表したという行動がみられた。また、コア機能の開発にかかった時間の平均は約62分( $SD = 33$ )であった。60分以上時間がかかったグループの会話をさらに分析したところ、生成AIのAPIやデータベースとの連携、ファイル保存などに多くの時間を要していたことがわかった。

## 8. 考察

### 8.1 応用可能性

ハッカソン実験により得られた結果から、様々なジャンルやフィードバック方法のアイディアが偏りなく創出されており、本手法を用いて多様な応用先が考えられることがわかった。6.2節で紹介したもの以外にも、ユーザの姿勢をリアルタイムに別のオブジェクトやキャラクタの形態を変化させることで可視化するものや、1人のユーザのみではなく複数人で協力して姿勢矯正やストレッチを促すものなど、著者らの予想していなかった創造性が高いアプリケーションが得られた。評価者による創造性スコアでも大きな差は見られず、それぞれのアプリケーションについて有用性や発展性を支持するコメントが得られた。

首の角度推定の精度について、7.1節で得られた参加者の主観評価では中程度～高い評価を得ていた。推定精度が原因で苦戦した点や精度が高ければ実現したかったアイディアについても聞いたところ、12人中10人が特にないと回答していた。回答があった2件では、推定結果をそのまま用いて画面を操作するには不安定に感じた、精度をあまり気にしないアイディアだったのでわからないというフィードバックが得られた。以上のことより、姿勢が良いまたは悪いの二値的なフィードバックに用いる場合は十分な精度

であることが考えられる。また、推定した角度を連続値として用いる場合でも、時系列的に連続した推定結果を平滑化することによりUXを損なわない可能性がある。

本手法は本来キャリブレーションとして首の角度を推定したいユーザの最も姿勢が良いときのデータを取得してその比較をもとに現在の首の角度を推定するものであるが、ハッカソンでは時間短縮のためデータセット参加者の値を参照して決めた基準値を用いて首の角度推定を行った。このことにより、個人の身体的特性を考慮しにくくなり精度が低下したことが考えられる。時間に余裕がある場合はキャリブレーションを行い、各ユーザに対してより正確な推定を行うことが望ましい。

ただし、参加者も評価者も全て同じ研究室のメンバーであったため、著者との関係性により全体的な評価が高くなっていることが考えられる。そのため、一般に公募により多様かつ多数の参加者を集めることでより客観的な結果を得る必要がある。

### 8.2 開発容易性

開発セッションが4時間30分の短時間のハッカソンであったにもかかわらず、参加者はアイディアと実際に開発したアプリケーションについてある程度満足感を得ていたことがわかる。また目標とした完成度に対する実際の達成率も約70～80%程度に集中していたことから、本手法とライブラリを用いて短時間で満足感のあるアプリケーションを開発できたといえる。

首の角度推定を用いたコア機能の開発は平均約62分で終えており、本ライブラリを適応させることができたことがうかがえる。参加者からのコメントでも「姿勢のAPIは使いやすく、すぐに姿勢をシステムに取り込めたが、chatGPTのプロンプトがうまくいかず想定通りの画像生成とならなかった。」といったフィードバックが得られた。またライブラリの使いやすさについて高い評価を得ており、これにはライブラリを単純な処理で動作可能にした点に加え、あらかじめサンプルプログラムを用意しチュートリアルとして解説したことでも大きく貢献していると考えられる。

ソースコードを分析したところ、6グループ中3グループがサンプルプログラムに書き足すように拡張して開発しており、他の3グループは必要な処理のみを適切に書くことができていた。これはサンプルプログラムのシンプルさゆえに拡張性が高かったこと、その解説により参加者がライブラリの使い方を十分に理解し各自のアプリケーションに適応できたことを示唆している。

ただし、参加者はすべて情報系の学部や研究科に所属する学生で、プログラミング経験が3～6年程度であったため、ある程度Webアプリケーション開発の知識を有して

いた。そのため、一定のプログラマにとって利用しやすい可能性は示唆されたが、必ずしも初学者にとって使いやすいとはいえないことに留意する必要がある。

## 9.まとめ

本稿ではこれまでに提案、検証してきた首の角度推定手法の応用可能性を検証するため、推定精度を向上しライブラリ化したうえで本手法を用いたハッカソンを開催した。推定精度改善については、アノテーションによる正解データの質向上、学習方法の改善により、分類確率マトリックスの正解率が約40%から70%程度へ向上した。ハッカソンではそれらを用いて姿勢矯正のためのアプリケーションを考案、開発してもらい、6グループ12人の参加者から19件のアプリケーション案と6件のプロトタイプシステムが得られた。様々なジャンルやシーンで多様なフィードバックを行うアイディアが偏りなく発案され、10人の評価者から各プロトタイプシステムに対して創造性や拡張性を支持する評価が得られた。また、本ライブラリとそのサンプルプログラムを用いることで限られた時間でもアプリケーションが開発可能であり、開発者にとって利用が容易であることが示唆された。

今後はより多くのプログラマに本手法およびライブラリを利用してもらうことでさらなる応用可能性について検証し、スマートフォン利用時の姿勢矯正を促進することを目指す。

## 参考文献

- [1] 西川 拓文: スマホ時代に増える“ストレートネック”とは?, <https://mews.hosp.mie-u.ac.jp/health/advice/2603/> (2025). Accessed: 2025-12-14.
- [2] Watanabe, K. et al.: Can We Prevent “Text Neck” Using Only a Smartphone? Real-Time Neck Angle Estimation and a Serious Game as a Case Study, *Proceedings of the 37th Australian Conference on Human-Computer Interaction*, OzCHI '25, p. 356–370 (2025).
- [3] Hansraj, K. K.: Assessment of Stresses in the Cervical Spine Caused by Posture and Position of the Head, *Surgical Technology International*, Vol. 25, No. 25, pp. 277–279 (2014).
- [4] Kato, J. et al.: Songle Sync: A Large-Scale Web-based Platform for Controlling Various Devices in Synchronization with Music, *Proceedings of the 26th ACM International Conference on Multimedia*, MM '18, p. 1697–1705 (2018).
- [5] 粟原一貴他: GameControllerizer: 既存ディジタルゲームへの入力をプログラミングするためのミドルウェア, 情報処理学会論文誌, Vol. 61, No. 11, pp. 1680–1696 (2020).
- [6] Namwongsa, S. et al.: Factors Associated with Neck disorders Among University Student Smartphone Users, *Work*, Vol. 61, No. 3, pp. 367–378 (2018).
- [7] Namwongsa, S. et al.: Effect of Neck Flexion Angles on Neck Muscle Activity Among Smartphone Users with and without Neck Pain, *Ergonomics*, Vol. 62, No. 12, pp. 1524–1533 (2019).
- [8] Lee, H.-j.: Neck Pain and Functioning in Daily Activities Associated with Smartphone Usage, *The Journal of Korean physical therapy*, Vol. 28, No. 3, pp. 183–188 (2016).
- [9] Liao, D.-Y.: Design of a Secure, Biofeedback, Head-and-neck Posture Correction System, *2016 IEEE First International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies (CHASE)*, pp. 119–124 (2016).
- [10] Chung, H. et al.: Design and Implementation of a Novel System for Correcting Posture Through the Use of a Wearable Necklace Sensor, *JMIR mHealth and uHealth*, Vol. 7, No. 5, p. e12293 (2019).
- [11] Martins, J. et al.: Towards a Smart-Vest for Forward Posture Monitoring: Improving Usability with E-Textiles, *2023 IEEE 7th Portuguese Meeting on Bioengineering (ENBENG)*, pp. 215–218 (2023).
- [12] Gupta, H.: Smartphone Based Cervical Spine Stress Prevention, *Journal of Software Engineering and Applications*, Vol. 11, No. 2, pp. 110–120 (2018).
- [13] Lee, H. et al.: A New Posture Monitoring System for Preventing Physical Illness of Smartphone Users, *2013 IEEE 10th Consumer Communications and Networking Conference (CCNC)*, pp. 713–716 (2013).
- [14] Lawanont, W. et al.: Neck Posture Monitoring System Based on Image Detection and Smartphone Sensors Using the Prolonged Ssage Classification Concept, *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 13, No. 10, pp. 1501–1510 (2018).
- [15] Hope, A. et al.: Hackathons as Participatory Design: Iterating Feminist Utopias, *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '19, p. 1–14 (2019).
- [16] Birbeck N. et al.: Self harmony: Rethinking Hackathons to Design and Critique Digital Technologies for Those Affected by Self-harm, *CHI 2017 - Proceedings of the 2017 ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp. 146–157 (2017).
- [17] Schulten, C. et al.: Exploring the Potential Hackathons as a Means to Promote Understanding of AI Literacy: A Case Study, *Collaboration Technologies and Social Computing: 31st International Conference, CollabTech 2025, Jakarta, Indonesia, November 4–7, 2025, Proceedings*, Springer-Verlag, p. 244–251 (2025).
- [18] 加藤淳 他: インタラクティブな歌詞駆動型視覚表現「リックアソシエイション」開発用フレームワークの提案と実証研究, 情報処理学会論文誌, Vol. 66, No. 2, pp. 273–285 (2025).
- [19] Falk, J. et al.: What Do Hackathons Do? Understanding Participation in Hackathons Through Program Theory Analysis, *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '21 (2021).
- [20] Prasch, L. et al.: Creativity Assessment Via Novelty and Usefulness (canu)-Approach to an Easy to Use Objective Test Tool, *Proceedings of the Sixth International Conference on Design Creativity (ICDC 2020)*, pp. 019–026 (2020).
- [21] Torrance, E. P.: The Minnesota Tests of Creative Thinking, *Guiding Creative Talent* (Torrance, E. P., ed.), Prentice-Hall, Inc., pp. 44–64 (1962).