

MIDI に対するメロディ生成的ステガノグラフィの 手法の開発と実験

学生証番号 254838 情報理工学部 山口 珠生 (荻原研究室)

1. はじめに

秘匿したい情報を無関係に見える別の情報に埋め込む技術をステガノグラフィと呼ぶ。

楽曲データである MIDI を埋め込みの対象とする先行研究では、既存の楽曲を改変して埋め込みを行う[1]。これらの手法では楽曲の品質劣化を防ぐためベロシティ等を微細に改変して埋め込みを行うが、MIDI のデータ量に対する埋め込み可能なデータ量 (埋め込み率) は約 1%しかない。

本研究では、隠蔽したいデータそのものからメロディを生成する手法を提案する。BGM として利用できる自然な旋律を生成し、かつ高い埋め込み率を実現可能な手法の実現を目指す。

2. 提案手法

埋め込むテキストデータをビット列として扱い、音高 (4bit)、音価 (2bit)、ベロシティ (順序制御) の各パラメータへ多層的にマッピングして楽曲を生成する。音高決定では、直前の音に基づいて動的にマッピングテーブルを作成し、滑らかなメロディが生成できるようにする (図 1)。生成されたメロディトラックには予め用意した伴奏を合成し、マルチトラック形式の MIDI ファイルとしての使用を前提とする。

3. 実験

3.1. 実験 1: 埋め込み率の評価

単独メロディトラックにおける提案手法の埋め込み率は約 5.75%、伴奏を含むマルチトラック構成では 0.58%であった。先行研究 (改変

入力ビット列 (2bit)	設定値 (Ticks)	対応する音符	入力ビット列 (4bit)	決定される音名
00	480	4分音符	:	A3
01	240	8分音符	0011	B3
10	960	2分音符	0100	B3
11	720	付点4分音符	0101	B3
			:	C4

10 0100...

音価 960ticks (2分音符)

音高+ベロシティ B3 + ベロシティ81

図 1. バイナリからの変換例

型) の埋め込み率は約 0.21%であり、大幅に改善されていることを確認した。

3.2. 実験 2: 主観評価実験

生成された楽曲の聴覚的な自然さを検証するため、MOS 法 (5 段階評価) による聴取実験を行った。提案手法、ランダム生成、人間による作曲の 3 種を比較した結果、提案手法の平均スコアは 3.63 となり、BGM としての許容基準として設定した 3.0 を上回る結果が得られた。

4. 評価とまとめ

実験結果より、生成型アプローチは従来手法の課題である埋め込み率を大幅に改善できることが示された。また、生成された楽曲は BGM として受容可能な品質であり、ステガノグラフィとしての秘匿性は確保されている。

一方、確率制御による自然さの向上効果は限定的であり、人間と同等の自然さを獲得するには、リズムや和声構造を考慮したアルゴリズムへの拡張が必要であることが示唆された。

参考文献

- [1] 井上 大介, 松本 勉, "スタンダード MIDI ファイルステガノグラフィとその能力", 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.8, pp.2127-2136, 2003.

日本語識別子の部分的利用によるソースコード可読性の向上に関する研究

学生証番号 253253 情報理工学部 奥村 理絵 (荻原研究室)

1 はじめに

プログラミングにおける識別子の命名は、ソースコードの可読性を左右する重要な要素である。一般的に識別子には英語が用いられているが、読解者の英語能力やドメイン知識の差により、その意図を正確に把握するのに時間を要する場合がある[1]。

本研究では、ソースコード内の識別子を部分的に日本語化することで、可読性の向上が期待できるかを調査する。

2 調査内容

C言語ソースコードの一部の識別子を日本語に置換し、読解への影響を調査する。日本語化する識別子の選定基準として、「資料対応型」と「構造重視型」を設定した。「資料対応型」は、ソースコードの動作解説資料に登場する用語と関連した識別子を日本語化の対象にした基準である。「構造重視型」は、関数名や構造体名など、プログラムの全体像を把握するための識別子を日本語化の対象にした基準である。

3 実験と結果

選定基準の効果を評価するため、プロジェクト演習 (C言語) で使用された言語「Duskul」のインタプリタを題材とした読解実験を行った。被験者は、同演習を履修済みの学生4名である。被験者には「資料対応型」と「構造重視型」の2種類のソースコードを提示し、動作解説資料を併読しながら読解を行わせた。その後、

```
void サブルーチン実行(int index)
{
    関数情報型 *finf = 関数表[index];
    assert(CONTROL_INFO_SIZE >= 2);
    スタックポインタ -= CONTROL_INFO_SIZE - 2;
    スタック[--スタックポインタ] = MAGIC_NUMBER;
    スタック[--スタックポインタ] = ベースポインタ;
    ベースポインタ = スタックポインタ + finf->params + CONTROL_INFO_SIZE - 1;
    int locals = finf->localvars;
    if (スタックポインタ - locals < STACK_LOW)
        エラー出力("stack overflow");
    while (locals--)
        スタック[--スタックポインタ] = 0; // local vars
    (void)文実行(finf->body);
}
```

図1 日本語識別子を部分的利用したソースコード例

読解子に関するアンケートを実施した。

その結果、識別子の意味推測に関する負担軽減や読解のしやすさについて、複数の被験者から肯定的な回答が得られた。また、2つの選定基準の比較においては、「資料対応型」がより直感的にソースコードを理解しやすいという回答が得られた。一方、自由記述では、漢字の羅列による視認性の低下や、型名と変数名の間での言語混在による違和感が指摘された。

4 議論およびまとめ

実験結果より、複数の被験者が識別子の意味を推測する負担の軽減を実感したことが分かった。このことから、日本語識別子の部分的利用はソースコードの読解における認知負荷を下げる効果があると考えられる。

今後は、アンダースコアの活用や命名規則の策定など、日本語としての読みやすさを考慮した記述スタイルの検討が必要である。

参考文献

- [1] 熊谷他：PBLにおけるソースコード引き継ぎ支援，日本ソフトウェア科学会第33回大会講演論文集 (2016)。

ソースコードの任意な強調を行うエディタ拡張機能による可読性向上の提案

学生証番号 254315 情報理工学部 西澤 響太郎 (荻原研究室)

1 はじめに

ソフトウェアライフサイクルにおいて、保守作業が占める割合は非常に高く、中でもソースコードの理解は大きな時間的コストを要する作業である[1]。そこで本研究では、ユーザが操作に応じてソースコード中の注目対象を動的に強調表示できるエディタ拡張機能を開発し、コード理解の支援を目的とした。

2 提案内容

従来のシンタックスハイライトは、プログラミング言語仕様にに基づき識別子やキーワードを一律に色分けする手法であり、開発者が注目したい変数や処理の流れを柔軟に強調することは困難である。本研究ではこの課題に対し、ユーザがコマンドを実行することで、カーソル位置の変数を起点として、その影響を受ける変数を段階的に可視化する手法を提案する。

3 実装

提案手法を実現するため、エディタ拡張機能を試作し、注目変数とその依存関係を枠線によって強調表示する機能を実装した。その結果、特定の変数に関連する処理やデータの依存関係を視覚的に把握できることを確認し、コード理解における認知的負荷軽減に寄与する可能性を示した。

4 議論

本手法を用いることで、特定の変数や関連する

的負荷の軽減が期待できる。しかし、強調表示の形式はあらかじめ設定されており、任意にソースコードの強調方法を設定できるとは言い難い。この点は、本研究の目的に対する制約であり、今後の課題である。

一方で、ユーザ操作を起点として強調対象を動的に切り替えるという点においては、従来の手法とは異なる有用性を示すことができたと考えられる。特に、注目変数を起点として影響を受ける変数を段階的に可視化することで、処理の流れやデータの依存関係を直感的に把握できる点は、本手法の有効性を示す結果である。

5 まとめ

本研究では、ソースコードの可読性および理解容易性の向上を目的として、ユーザ操作に基づき注目変数とその影響範囲を強調表示するエディタ拡張機能を試作した。その結果、特定の変数を起点とした依存関係を視覚的に把握でき、コード理解における認知的負荷軽減に寄与する手法の一例を示した。

今後の課題として、強調表示の色や表現方法をユーザが柔軟に設定可能とする機能の拡張。さらに実際のユーザを対象とした実験を行い、提案手法がコード理解時間や誤解の低減に与える影響の評価。これらを通じて、本手法の有効性をより明確に示すことが今後の課題である。

参考文献

[1] A. J. Ko et al., An Exploratory Study of How Developers Seek, Relate, and Collect Relevant Information during Software Maintenance Tasks, IEEE Trans. Software Eng., Vol.32, No.12, pp.971-987 (2006).

```
1 class Example {
2     public static void main(String[] args) {
3         Integer alpha = 10;
4         Integer beta = 20;
5         Integer delta = alpha + beta;
6     }
7 }
```

図1 変数[alpha]を対象にコマンドを実行した結果

ストレス低減のためにオブジェクトが破壊可能なVR作業環境の提案

学生証番号 254108 情報理工学部 寺内啓記（荻原研究室）

1 はじめに

近年、HMDの普及によりVR作業環境が注目されているが、通知によるタスク中断や作業停滞に伴うストレス、およびパフォーマンスの低下は依然として課題である。既存のVR作業環境は効率性を重視する一方、VR特有の能動的インタラクションを十分に活用していない。本研究では、作業中のストレス低減に着目し、通知やディスプレイを破壊可能とする新しいVR作業環境を提案する。

2 目的

Ohlyらの研究によれば、通知による中断が仕事のパフォーマンスに悪影響があると報告されている[1]。そこで、通知を一旦表示しユーザに破壊させることにより、パフォーマンス向上およびストレス軽減効果が得られる可能性について検討する。

3 提案手法

本研究では、VR作業環境内に表示されるディスプレイおよび通知パネルを、ユーザが任意のタイミングで破壊できるインタラクションを導入する(図1)。通知を完全に遮断するのではなく、一度提示した上で破壊する。破壊されたディスプレイは数秒後に再生されることにより、スムーズな作業復帰を支援する。

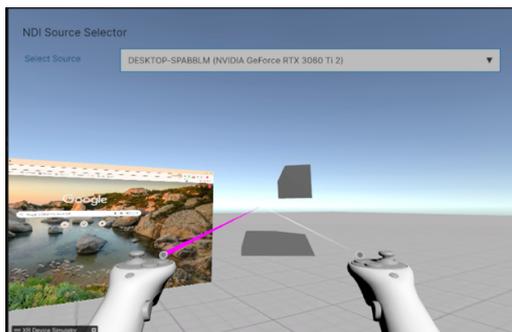


図1：通知パネルが破壊される様子

4 実装

提案手法の実装にはUnityを用い、PC画面の取り込みにはNDI Toolsを利用している[2]。LAN内のPCからNDIにより送信したデスクトップ映像をVR空間内のQuadオブジェクトに描画し、HMD上で作業可能な環境を構築した。コントローラの光線による選択とボタン入力により、ディスプレイおよび通知パネルの破壊を実現している。

5 議論

本実装では光線選択による破壊を採用したが、触覚を伴う直接接触型の破壊の方が、現実感やストレス解消効果が高まる可能性がある[3]。また、NDIを用いた画面共有にはLAN内での情報漏洩リスクが存在する。本アプリケーションの有効性についても定量評価が未実施であり、今後は被験者実験による検証が必要である。

6 まとめ

本研究では、ディスプレイや通知パネルを能動的に破壊するという手法により、従来の作業環境にはない新たな体験を提供できた。一方で効果測定は今後の課題であり、評価実験と改良を通じた検証が求められる。

参考文献

- [1] Ohly, Bastin. Effects of task interruptions caused by notifications from communication applications on strain and performance, J. Occupational Health, 2023 Jun. 6;65(1):e12408.
- [2] Vizrt Group. NDI Tools (Software). <https://ndi.video/tools/> (accessed 2026-01-27).
- [3] Gibbs, Gillies, Pan. A comparison of the effects of haptic and visual feedback on presence in virtual reality, Int. J. Human-Computer Studies, Vol.157, Jan. 2022.

VR カードゲームを用いた 身体性を伴ったゲーミフィケーションシステムの試作

学生証番号 254162 情報理工学部 内藤 駿 (荻原研究室)

1 はじめに

VR とゲーミフィケーションの組み合わせによる学習意欲の向上や理解促進の効果が注目されており、身体動作を伴うインタラクションが認知や記憶に影響を与える可能性が示されている[1][2]。

一方、カードゲームのような明確なゲーム構造と身体的操作を組み合わせた VR 学習システムは少なく、その効果や設計指針についての検討も十分とは言えない。

2 提案手法

本研究では、カードゲームを題材とした VR ゲーミフィケーションに注目し、カードオブジェクトの操作を通じた学習体験の設計を目的とする。このため、カードの相互作用により、社会に介在しているエネルギーや環境の関係性の理解を目的とした、環境問題に主眼を置いたゲームを制作する。

ゲームは 図1 で示すような3×3の盤面を持つ。プレイヤーは施設カードおよび政策カードをVR空間内で操作し、中央のテーブルに配置することで効果を発動させる。ゲーム内には環境や資源などの複数のゲージが存在し、カードの選択によって状態が変化する。また、ゲージの変化に応じてオブジェクトが出現・消失することにより、視覚的な周囲の環境の変化を理解できる。

3 実装及び実験計画

カードの配置や効果の発動はVRコントローラを用いた直接操作として実装されており、プレイヤーの行動が即座にゲーム空間内の変化として反映される。

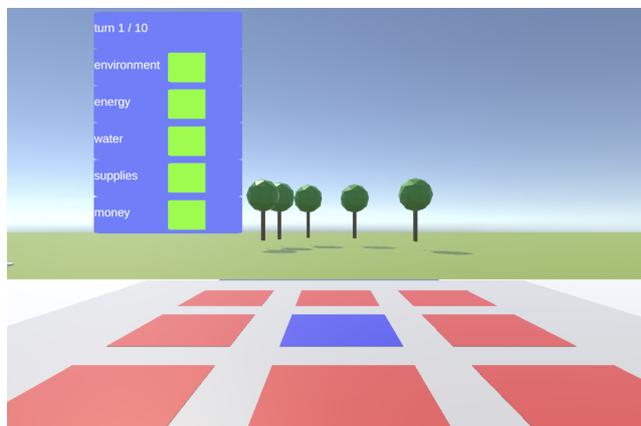


図1 ゲーム画面

4 議論

2次元画面上での選択操作と比較し、提案したVRカードゲームではカードの取得や配置の身体動作が意思決定と結びついた体験となる。また、複数のゲージ変化をオブジェクトの出現や減少として視覚的に提示することで、選択結果をより直感的に理解しやすくなる。

5 まとめ

本研究ではVR空間におけるカードゲーム型ゲーミフィケーションの設計を提案した。ただし、現状ではプロトタイプ的设计と実装段階にとどまっており、学習効果や理解度向上についての検証は行っていない。また、操作負荷やVR環境への習熟度の違いが学習体験に与える影響も、今後検討すべき課題である。

参考文献

- [1] 加藤雄大, 鈴木麗壘, 有田隆也, “二層化ゲーミフィケーションによる VR 会議活性化の試み”, 第34回人工知能学会全国大会, JSAI2020, 4D3-GS-12-05, 2020.
- [2] 久保田愛華, 張珏, “VR を用いた外国語単語学習アプリケーションのモチベーションの向上”, 第26回日本感性工学会大会, 2, 1, 1B01-01, 2024.