

ニューラルネットモデルによる設計ガイドラインの検索

上野 香里 小川 克彦

NTTヒューマンインタフェース研究所

HI 設計ガイドラインは使いやすいシステムを実現するためのひとつの設計ツールである。本報告では、設計者の抱える問題に適切なガイドラインをニューラルネットモデルにより検索する方法を提案し評価する。まず、ガイドライン利用者であるシステム設計者が、あるシステムのインタフェース設計を改善する実験を行い、ガイドラインを利用する際に設計者が使用するキーワードを抽出した。さらに、ニューラルネットにこれらのキーワードと適切なガイドラインを学習させ、本方法の有効性評価のために、文字列検索方法との比較実験を行った。その結果、本方法が文字列検索よりもパフォーマンスや満足度に関して優れているとの見通しを得た。

Using Neural Net Modeling for Assistance in Guideline Search

Kaori Ueno and Katsuhiko Ogawa

NTT Human Interface Laboratories

1-2356 Take, Yokosuka, Kanagawa, 238-03 Japan

The HI Design Guidelines are typical of the design tools used to make useful systems. A method of effectively accessing the guidelines by using neural net modeling is proposed and evaluated in this paper. Many expert designers were observed using the guidelines to improve the HI of several systems. The associations between the descriptive keywords used by the designers and the guidelines retrieved to match the situations described by the keywords were used to train neural networks. Tests showed that the trained NN yields more accurate retrievals than the string search technique.

1. まえがき

通信システム、電力システム、交通システムのような大規模システムの制御においては、信頼性が非常に重要である。オペレータがコンピュータの専門家でなくとも、正確に且つ迅速に上記のようなコンピュータシステムを操作するためには、分かりやすい・使いやすいヒューマンインタフェースの設計が必須である。

分かりやすい・使いやすいインタフェースを設計するひとつの支援ツールとして、認知心理学や人間工学の知見を集大成したH I 設計ガイドライン[6] [8]が作成されている。更に、ガイドラインのユーザであるソフトウェア設計者が、ガイドライン項目を効率良く選択できるようにするため、H I 設計ガイドラインデータベースが開発されている[5] [9]。

H I 設計ガイドラインの内容は、H I 設計に関するキーワードや言葉で記述されており、ガイドラインユーザである設計者が、効果的にガイドラインを使用するためには、少なくともこれらの言葉を知っておく必要がある。しかし、前述のように、設計者の大部分は、認知心理学や人間工学の訓練を受けていない。

そのため、ソフトウェア設計者が自分の抱えている問題に適したガイドラインを見つけ、それを参考にしながら設計する際に、数百項目のガイドラインの中から、適した項目を効率良く検索できないことが問題となっていた。これは、ガイドラインの言葉と、ソフトウェア設計者の使用する言葉とが一致しないことに起因すると考えられる。

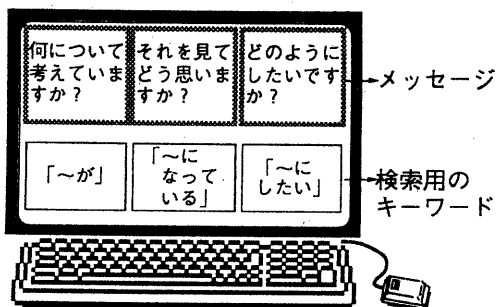


図1：Aサーチの原理（キーワード選択画面）

そこで、ソフトウェア設計者が使用する言葉から、適切なガイドラインを効率良く検索する方法を検討することとした。

本報告では、ソフトウェア設計者が使用するキーワードから、H I 専門家のモデルとしてニューラルネット（NN）を利用して[1] [2] [3]適切な(Appropriate)ガイドラインを効率良く検索する方法（Aサーチと呼ぶ）を提案し、検索実験により評価した結果について考察する。

2. Aサーチ

Aサーチとは、ガイドライン検索のキーワードを設計者に選択してもらい、予めH I 専門家の知識を学習させたニューラルネットモデルを使って、設計者のかかえる問題に適したガイドラインを検索する方法である。

本検討では、まず、ガイドライン検索の契機となる設計者が用いるキーワードを抽出する必要がある。当初の抽出実験では、被験者の発話が少なく、キーワードを効率的に抽出することができなかった。ところが、被験者である設計者に対し、「今、何をしていますか？」、「何を考えていますか？」のように尋ね、話しかけることにより被験者の発話を促進できることが分かった。

そこで、図1のような3種類のメッセージ、つまり、システムから出力されたメッセージに対し、何が（を）、どんな状態か、およびどうしたいかというメッセージに、複数のキーワードをメニューとして付加し、キーワードを設計者に選択してもらうこととした。

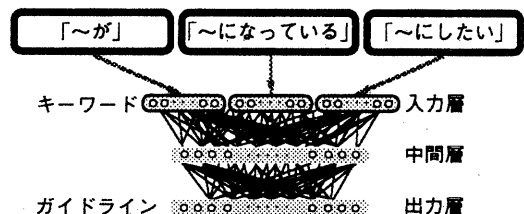


図2：Aサーチの原理（NNの学習）

ニューラルネットは、あるシステムを対象として抽出した設計者のキーワードセット（「～が」「～になっている」および「～にしたい」）に対し、H I 専門家により得たガイドラインを教師データとして予め学習しておく（図2）。そして学習に用いたシステムとは異なるシステムを対象として、設計者がメニューの中から該当すると考えられるキーワードを選択し、学習したニューラルネットによりガイドラインを検索する。

本検討では、提案した方法が有効であるかどうかを実際に確かめるために、以下の実験評価を行った。

まず、ニューラルネットの学習の教師データとなるガイドラインを抽出するためにH I 専門家によるガイドラインの抽出実験、ニューラルネット学習に用いるキーワードを抽出するためにシステム設計者によるキーワード抽出実験を行った。次に、実験から得られたキーワード及びガイドラインをニューラルネットに学習させた後、本方法と文字列検索との比較のため、システム設計者によるデータベース検索実験を行った。

実験に使用するガイドラインは、本およびオンラインの2つのタイプを作成した。内容は同一であり、それらは123項目のガイドラインで構成される。まず画面、操作の2つに分け、さらにデータ入力、データ出力、メニュー、表、メッセージ、グラフなどの16カテゴリーに分類した。本のガイドラインは専門家によるガイドライン抽出実験および設計者によるキーワード抽出実験で用いた。オンラインのガイドラインは設計者によるデータベース検索の比較実験で用いた。

3. 専門家によるガイドライン抽出実験

3. 1 方法

被験者は、H I の専門家2名を対象とした。タスクは、ガイドラインを利用しながら、あるシステムのH I 設計上の問題点を改善してもらう設計レビューである。このシステムは、特定の通信サービスに必要な情報を登録するタスクを行う（以後、システムXと呼ぶ）。被験者には、ガイ

ドラインを利用しながら、できる限りのミスを見つけて画面を改善するように指示した。ガイドライン項目は、設計ミスに該当すると思われるば、幾つ挙げてもよい。実験時間は原則として30～60分以内に終わるように指示した。なお、実験中は、考えていることを声に出して話すように指示した。

被験者の発話および行動をビデオカメラで撮影し、選択したガイドラインおよび改善案のメモ書きを実験終了後に提出してもらった。

3. 2 結果

表1は、H I の専門家から抽出したキーワードとガイドラインの例である。設計レビューの実験中に、専門家はシステムXの画面を見て、表1のようなキーワードを発しながらガイドラインを選んだ。例えば被験者は、例1では、「この『項目』は、『名前がない』から、何だか『分からない』なあ、『名前をつける』方がいい。」というキーワードを発話し、「領域に名前をつける」というガイドラインを選んだ。例2では、「これは、『区切り記号がない』のですが、『電話番号』なので、××××××××××××ではなくて、××××-××××-××××××のように、市外局番、市内番号が分かるように、『分割して入力する』のが良いと思います。」というキーワードを話しながら、「長いデータ項目は分割する」というガイドラインを選んだ。例3では、「意味のわかるエラーメッセージを」というガイドラインを見て、「ああ、この『エラーメッセージ』、これじ

表1：専門家のガイドラインとキーワード

	何について考えていますか？	それを見てどう思いますか？	どのようにしたいですか？	ガイドライン
例1	項目	名前がない わからない	名前をつける	領域に名前をつける
例2	電話番号	区切り記号 がない	分割して 入力する	長いデータ項目は 分割する
例3	エラーメッセージ	わからない	文字で表示 する	意味のわかるエラー メッセージを

や、何をいつているのか全然「分からない」なあ。『文字で表示する』方がいい。」というキーワードを発話した。

専門家はガイドラインの内容を熟知しているので、例3の説明のように、ガイドラインを見た後に、画面の問題点を発見してキーワードを発する場合よりも、例1および例2の説明のように、問題点を見つけてキーワードを発話し、その後にガイドラインを探す場合の方が多かった。また、問題点に該当するガイドラインが載っている場所（第×章△項）を知っているの、迷うことが少なかった。

その結果、システムXの改善案は8個、ガイドラインは13項目、抽出したキーワードは51語であった。なお、抽出したキーワードは次の設計者によるキーワード抽出実験でのメニューとして用いた。

4. 設計者によるキーワード抽出実験

4. 1 方法

被験者は、実システムの開発および運用経験のあるシステム設計者10名とした。

タスクは3章と同様、ガイドラインを利用しな

がら、システムXのH I設計上の問題点を改善することとした。

被験者である設計者には、H I専門家から抽出したキーワードをメニューとして呈示した。なお、与えられたキーワードの中に自分の連想したキーワードがなければ、キーワードを新たに追加してもらった。

H I専門家実験と同様、被験者の発話および行動をビデオカメラで撮影し、選択したガイドラインおよび改善案のメモ書きを実験終了後に提出してもらった。

4. 2 結果

「何について考えていますか?」、「それを見てどう思いますか?」、「どのようにしたいですか?」という3種類の問いに対して、図3のような結果が得られた。例えば、被験者の発話が、「『メニュー』が「分からない」ので、「統一する」」のように、3種類の問いのキーワードが全て含まれている場合や、「『表』が「見にくい」」のように、どうしたいかを表すキーワードが含まれない場合、また、「『入力領域』の、「桁が分からない」ので、「アンダーラインを引

「何について考えていますか?」	「それを見てどう思いますか?」	「どのようにしたいですか?」
位置 エラーメッセージ 画面名 関連 項目 項目名 水平方向 タイトル 縦方向 データ 電話番号 名前 並び 入力領域 場所 番号 表示 メニュー 用語	一貫性がない くっついている 異なる 桁がわからない ずれている 遠い 離れている 見にくい 横並び 分からない	アンダーラインを引く 案内をつける 決まった位置にする 強調する 空白を入れる 空白をなくす 区切る グループ化する 5行おきに空行を入れる 書体を工夫する 親切にする 選択し易くする 線を引く 揃える 縦に並べる
	(10語)	(25語)
	(20語)	(計55語)

図3：システム設計者の言葉

き』たい、『区切りたい』」のように、どうしたいかを表すキーワードが複数語対応する場合があった。

また、どんな状態かを表すキーワードは、他と比べて同一のキーワードが複数回使用される頻度が高かった。例えば、「エラーメッセージ」が「分からない」、「表示場所」が「分からない」のように、「分からない」というキーワードは良く用いられた。

その結果、何が（を）を表すキーワードは20語、どんな状態かを表すキーワードは10語、どうしたいかを表すキーワードは25語であった。

5. 学習

次に、設計者のキーワード抽出実験で得られたキーワードの入力に対し、専門家からのガイドラインを出力するように、ニューラルネットをバックプロパゲーションで学習させた。ニューラルネットは入力層、中間層1層、出力層の3層構成とした。入力層ユニットは抽出したキーワードに同じ55個、中間層のユニット数は35個とし、出力層ユニットはガイドラインに応じて123個とした。

学習の方法としては、1つのキーワードに対し、複数のガイドラインの組み合わせ（分散方式）、複数のキーワードに対し、1つのガイドラインの組み合わせ（集中方式）、複数のキーワードに対し、複数のガイドラインの組み合わせ（自然方式）を学習する方法があるが、文献[7]によると、分散方式と自然方式が集中方式よりも優れている。ここでは、学習回数を増やせば比較的正答率が高くなる自然方式を用いることとした。

例えば、キーワードとしては、「入力領域」（何が（を））、「桁が分からない」（どんな状態か）、「アンダーラインを引き」（どうしたいか）、「区切りたい」（どうしたいか）に対し、ガイドラインとして「長いデータ項目は分割して」、「データ領域の長さ案内をする」というガイドラインとを組み合わせる。この例では、3種類全てのキーワードが含まれているが、必ずしも全てのキーワードが含まれなくともよい。例え

ば、「メニュー」（何が（を））の「表示」（何が（を））、「グループ化する」（どうしたいか）というキーワードに対し、「メニュー選択肢をグループ化する」というガイドラインの組み合わせもある。

6. 評価

6.1 方法

(1) 被験者

キーワード抽出実験の被験者とは別のシステム設計者10名を対象とした。被験者すべては、HI設計の初心者であり、実験システムを初めて使用する。

(2) 実験システム

Aサーチシステムと文字列検索システムの2種類の実験用検索システムを開発した。

両システムは共に、キーワード選択画面、ガイドライン項目名の出力画面、ガイドラインの出力画面の3画面で構成される。キーワード選択画面のみが両システムで異なるが、その他は同一画面である。

メニューとして表示されるキーワードは、両システムで異なる。Aサーチでは、設計者によるキーワード抽出実験から得られたキーワードを用い、文字列検索系では、従来のガイドライン[5][9]で用いられてきたキーワードを用いた。

Aサーチのキーワード選択画面の例を図4に示す。3種の問いかけメッセージと共にキーワードのリストが3つのグループに分類されて表示される。被験者には、メッセージに回答するつもりで、紙面で与えられた問題の画面を見ながら、自分が連想したキーワードに最も近いと思われるキーワードを選択してもらう。

一方、文字列検索では、図5に示すように、キーワードが五十音順に列で画面に表示される。被験者にはキーワードを選択してもらう。もし該当するキーワードがリストになれば、キーボードを使って入力してもらう。

キーワードを選択するとガイドラインの項目名

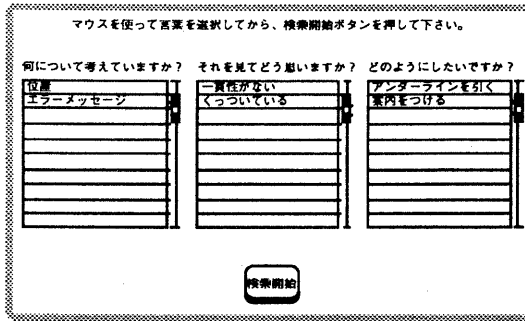


図4：キーワード選択画面（Aサーチ）

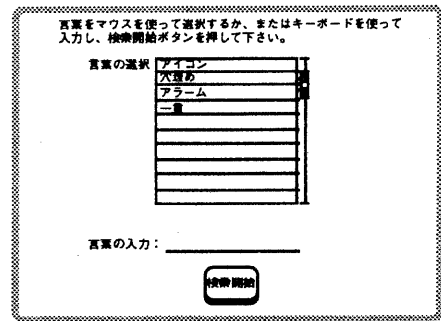


図5：キーワード選択画面（文字列検索）

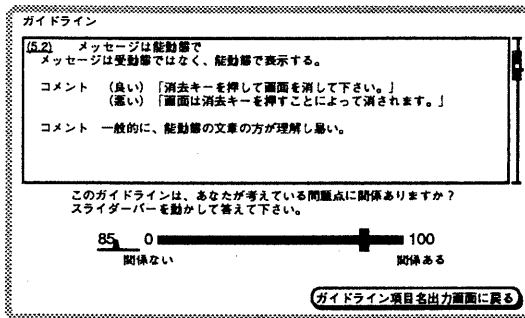


図6：ガイドラインの出力画面

が画面に表示される。ここで、本文の内容を見たい項目名を1つ選択してもらう。表示された項目名が、被験者の考えている問題点に全く関係ない場合には、キーワード選択画面に戻り、再びキーワードを選択し直してもらう。

ガイドラインの出力画面では、ガイドラインの内容が図6のように画面に表示される。また、表示されたガイドラインが、被験者の考えている問題点に関係あるかどうかを評価してもらうため、検索結果のガイドラインを表示すると同時に、図6のようなスライダーを表示し、被験者に検索結果のガイドラインの満足感をスライダーを動かすことによって0～100の数値で表してもらい、その値を満足度とした。

(3) タスク

システムXとは異なるシステムYを対象として

設計レビュータスクを行った。なお、ニューラルネットの学習にはシステムXで得られたキーワードとガイドラインを使っている。システムYは、通信サービスに必要な情報を登録するタスクであるが、システムXとは別のサービスを対象としており、入力項目やサービス種別などが異なる。HI設計の初心者である10名の被験者を、Aサーチシステムを使う5名と、文字列検索システムを使う5名とに分けた。実験前に10～15分程度検索システムの説明を行うとともに、被験者に操作してもらい、検索システムの機能と操作に慣れてもらった。

(4) 測定

被験者の発話および行動と実験システムの画面をビデオカメラで撮影し、選択したガイドラインおよび改善案のメモ書きを実験終了後に提出してもらった。システムに自動的に記録した検索行動、時間により、被験者のパフォーマンスや検索結果の満足度を評価した。

6. 2 結果

検索結果の評価のために、システムY（システムXではなく）を対象として、3章と同一手順により、HIの専門家2名に設計レビュー行ってもらい、正解とする改善案を求めた。

表2：実験結果

検索方法	Aサーチ	文字列検索
改善案の適切さ(%)	37	7
遂行時間(分)	43	47
満足度(%)	76	55

改善案の「適切さ」を次のように定義した。
 適切さ(%) $\equiv$ (一致) - 0.1 $\times$ (不一致)
 専門家

ここで、設計者の提案した改善案のうち、専門家と「一致」したものはプラス、「不一致」のものはマイナスのポイントとした。ただし、一致していない改善案が全て改悪になるとは限らないので、マイナスのポイントを0.1乗ずることにより、少し低めとした。

その結果、Aサーチ、文字列検索での改善案の「適切さ」は表2に示すように、それぞれ37%、7%となった。また、設計レビューの「遂行時間」はそれぞれ平均43分、47分であった。被験者がスライダーで指示した「満足度」はそれぞれ76%、55%であった。この結果、以上の適切さ（効果）、遂行時間（効率）、満足度の3つの基準[4]でAサーチが文字列検索よりも優れていることがわかった。

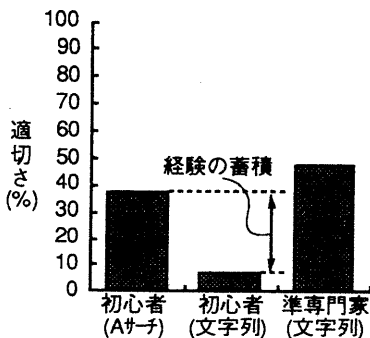


図7：Aサーチの効用

6.3 考察

(1) Aサーチの効用

図7は、Aサーチ、文字列検索を使ったそれぞれの被験者の改善案の適切さを示している。

比較のため、文字列検索を使った準専門家3名に同様な実験を行ってもらった。準専門家と初心者による改善案の適切さは、それぞれ平均47%、7%であった。準専門家はある程度ガイドラインの言葉を知っているため、文字列検索を用いても、適切なガイドラインを検索することができ、改善案の適切さが高かったと考えられる。これに対し、初心者はガイドラインの言葉を知らないため、文字列検索を用いた時に、適切なガイドラインを検索できず、改善案の適切さが低くなったと考えられる。

一方、Aサーチを使った初心者5名の改善案の適切さは37%であり、文字列検索を使った初心者よりも高くなっている。これより、Aサーチはニューラルネットの学習により、設計者の過去の経験を蓄えていると考えられる。このため、Aサーチを利用することにより、初心者の改善案の適切さを経験を積んだ設計者に近づけることができたと考えられる。

(2) 操作回数と満足度

図8において、キーワード、タイトル、内容というのは、実験システムのキーワード選択画面、ガイドラインの項目名（タイトル）の出力画面、

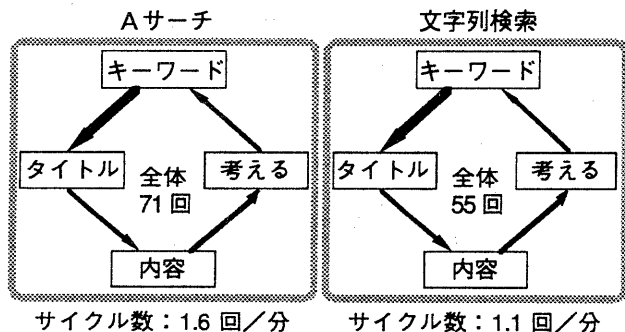


図8：操作回数

ガイドライン (内容) の出力画面を指し、3つの画面の遷移を表している。なお、図8では、操作回数の多かったバスの矢印を太くしてある。

Aサーチ、文字列検索を使用した初心者者の操作回数はそれぞれ71回、55回であり、単位時間あたりの操作回数 (サイクル数) は1.6回/分、1.1回/分であった。一方、満足度は表2からそれぞれ76%、55%であり、Aサーチの方が若干高かった。このことから、検索結果に満足することによりサイクル数が増加し (活気)、Aサーチの被験者のパフォーマンスが高くなったと考えられる。

7. むすび

本報告では、検索のキーワードを選択し、ニューラルネットによりガイドライン検索を行うAサーチを提案し、Aサーチの有効性の評価実験を行った。その結果、HI設計レビューにおける改善案の適切さや満足度で、Aサーチが文字列検索よりも有効である見通しが得られた。

設計レビューを実際に行うと、キーワードや文字列検索よりも、ブラウジング検索が多く使われることがわかっている[5]。これは、設計者自身がガイドラインで使っている言葉をよく知らないため、キーワード検索を使ってもうまくいかないためである。しかし、ブラウジング検索は効率が悪いという欠点がある。Aサーチにブラウジング機能を合わせると、より効果的な検索ができると期待できる。

今後は、他の検索方法と組み合わせてAサーチを改善していくとともに、他のシステムを用いて実験を行い、Aサーチの有効性を検証していく予定である。

謝辞

日頃御指導戴くヒューマンインタフェース研究所マルチメディア処理研究部遠藤隆也部長に感謝します。

参考文献

- [1] Eberts, R., Villegas L., Phillips, C. and Eberts, C.: Using Neural Net Modeling for User Assistance in HCI Tasks, *Int'l Journal of Human-Computer Interaction*, 4(1), 59-77, 1992.
- [2] Mori, H., Chung, C. L., Kinoe, Y. and Hayashi, Y.: An Adaptive Document Retrieval System Using a Neural Network, *Int'l Journal of Human-Computer Interaction*, 2(3), 267-280, 1990.
- [3] Mori, H., Kinoe, Y., Seto, K. and Hayashi, Y.: Cooperative Document Retrieval Making User's Ill-Defined Query Evolve, *Int'l Journal of Human-Computer Interaction*, 3(3), 253-266, 1991.
- [4] 小川克彦: コンピュータユーザビリティ, 人間工学, 26(6), 307-310, 1990.
- [5] Ogawa, K. and Yonemura, S.: Usability Analysis of Design Guideline Database in Human-Computer Interface Design. In the Proceedings of the Human Factors Society 36th Annual Meeting, 433-437, 1992.
- [6] Smith, S. L. and Mosier, J. N.: Guidelines for Designing User Interface Software, Technical Report ESD-TR-86-278, MITRE, 1986.
- [7] 上野香里, 小川克彦: HI設計支援へのニューラルネットの応用, 第7回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, 587-590, 1991.
- [8] 米村俊一, 小川克彦: 通信システムにおけるヒューマンインタフェース設計指針の考察, *NTTR&D*, 39(2), 249-256, 1990.
- [9] 米村俊一, 小川克彦: ハイパーメディアを用いたガイドラインデータベースの設計, 人間工学, 26 (特別号), 312-313, 1990.