

計算機マニュアルの分かりやすさの定量的評価方法†

高橋 善文** 牛島 和夫***

計算機マニュアルの品質向上を目的として、サンプル文書を形態素解析した結果に対する統計解析と、サンプル文書についての読者へのアンケート調査とを利用して計算機マニュアルの分かりやすさを評価するモデル評価式を導出した。すなわち、マニュアルの品質のうち特に表現方法の品質を定量的に評価するモデル評価式を次のプロセスで構築した。第一ステップでは表現の品質の中でも特に主観的と考えられる「分かりやすさ」について経験的な知見を基に仮説を立て、仮説の中から分かりやすさに関係すると考えられる文書構成上の要素を基礎指標として選出した。第二ステップでは、第一ステップで得られた基礎指標の中から有用かつ計測可能なデータを、分かりやすさの説明変数としてサンプル文書から収集した。このデータに基づいて統計解析を行い、分かりやすさの因子を抽出した。また、同一のサンプル文書に対して感覚的な分かりやすさに関するアンケート調査を実施し、先に抽出した分かりやすさの因子と併せて重回帰分析を行い、分かりやすさのモデル評価式を導出した。このモデル評価式は分かりやすさを簡潔さ、理解しやすさ、読みやすさ、および親しみやすさに分けて評価することができ、マニュアルの開発現場でこのモデル評価式を検証中である。

1. はじめに

1980年代に入り、コンピュータのユーザ層がシステム部門から、一般の人へと幅広くなってくるにつれ、マニュアルの分かりやすさについての要求が一段と厳しくなっている。「日経データプロ」の調査によれば、国産汎用コンピュータメーカーに対するユーザの評価の中でも、マニュアルに関しては、各社とも満足のいく評価を得ていない¹⁾。事実を正確にかつ素早く伝える必要のある技術文書（マニュアルに代表される）の品質を確保することは情報化時代に必須の作業である。

マニュアルの品質には大きく分けて、内容の品質と表現の品質がある。内容の品質は設計時に決定し、表現の品質は執筆時に決定するので、それぞれ設計品質、執筆品質と言い換えることができる。執筆品質の中でも“表現上の分かりやすさ”が特に重要であり、執筆時の品質を代表することが多い。一方、表現上の分かりやすさの評価はごく限られた読者に対するアンケート、コメント用紙（マニュアルの後尾などに添付された）、またはヒアリングによって把握する以外に適切な手段がなかった。

従来、主観的と考えられていた“表現上の分かりやすさ”を定量化し、客観的な評価を下すことが可能に

なれば、QC (Quality Control) の立場からマニュアル品質の目標管理が容易になり、品質向上に大きく寄与することができる考えた。本論文では主として、表現の品質を向上させるための、分かりやすさの品質評価方法について論述する。ただし、本論文では、特に断らない限りマニュアルとは、日本語で書かれた汎用機の計算機マニュアルを指すことにし、分かりやすさとは表現上の分かりやすさを指すことにする。

英文については、Flesch, Kincaid らによって読みやすさのモデル評価式が与えられている^{2),3)}。いずれも文章の表層の形態的な要素（シラブル数、文長、単語長等）である字面だけを拠り所としている。これに対して、日本文にはこのような指標はない。

著者らは、日本文でも字面情報からある程度の分かりやすさの指標を求めることができるのではないかとこの観点から研究を行った。その結果、統計的な処理を利用してモデル評価式を導出できる見通しを得たので、その方法を提示する。

以下、2章では従来の文書品質の評価方法と、著者らが対象としたマニュアルの品質評価のうち本論文の取り扱う範囲について述べる。3章では、従来の“マニュアルの分かりやすさ”に関する知見に基づいた仮説と仮説から選出した基礎指標について述べる。4章では、基礎指標とアンケートを基に、統計的解析手法を利用して導出した分かりやすさのモデル評価式について述べる。

2. 従来の文書品質の評価と分かりやすさの評価

日本語文章の、文および体裁を含めた分かりやすさ

† Measuring Clarity of Computer Manuals by ZENBUN TAKAHASHI (Software Engineering Department, Software Division, Computer System Group, Fujitsu, Ltd.) and KAZUO USHIJIMA (Department of Computer Science and Communication Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University).

** 富士通(株)情報システム事業本部ソフトウェア事業部ソフトウェア技術部

*** 九州大学工学部情報工学科

を機械的に評価する方法は、現在のところ確立されたものがない。本章では、従来の文書品質の評価方法、およびマニュアルの品質における分かりやすさについて概観し、品質評価について論述する範囲を限定する。

2.1 一般的な文書の評価方法

読みやすさの評価について、日本語文章では安本や森岡は、文の長さを就学年齢に対応させている^{4),5)}。小鶴は、読解力を就学年齢に対応させている⁶⁾。また、高橋らは、教科書とマニュアルの、文の長さ、英数字・漢字・カタカナの含む割合から、読者の年齢を対応させている⁷⁾、さらに石崎らは、教科書を中心に日本語の複雑さの定性的、定量的特徴を把握しようとしている⁸⁾。しかし、これらはいずれも著者らが目的としている『マニュアルの品質評価』とは隔たりがある。また、文書作成および校正を支援するシステム^{9)~13)}も研究されているが、マニュアルの表現品質を一次元の回帰式で測定しようと試みたものは報告されていない。

2.2 マニュアルの品質と分かりやすさ

1章においてマニュアルの品質には、設計品質と執筆品質があると述べた。設計品質には、読者に伝達する情報の必要十分性、マニュアルの位置づけ、構成などがある。執筆品質には、表現品質と正確さに関するものがある¹⁴⁾。

マニュアルの表現品質とは、理解しやすいか（文の平易さ、簡潔さ）、読みやすいか（通読しやすさ）、使いやすいか（検索性の良さ）、図表は適切か、例は具体的かなどである。マニュアルの正確さとは、情報は正しいか、表記は正しいか（文法誤り、誤字、脱字、不適切用語）などである。

本論文の議論の中心は、執筆品質のうちの表現品質であり、その中でもマニュアルに限定した分かりやすさの定量的評価である。ただし、図表および例の分かりやすさについては紙面の制約から別の論文としてまとめる予定である。また、文書の物理的な形態に依存する要因については未検討であり除外する。

【マニュアルの分かりやすさ】

マニュアルは情報を相手に伝えるだけではない。読者が情報を理解し、その情報をもとにソフトウェアを正しく利用できる必要があり、『読みやすさ』だけでなく、『正確さ』、『理解しやすさ』、および『使いやすさ』が重要な因子となっている。

日本語文章の場合は、読みやすさと理解しやすさお

よびこれらの両方を含めた分かりやすさの概念は描象的で明確に区別されているとはいえない。また、検索性、興味の度合い、および読む目的や物理的な体裁も含めた文書の使い勝手（以後、使いやすさと呼ぶ）も時として分かりやすさの概念に入り込む場合もあり、これら三者の区別はあいまいである。また、次に示すように、読みやすさと理解しやすさは、排他的な評価が下される場合もある。

- 接続助詞『が』は、簡単に読み進んでいくことができる。しかし直後に接続詞のない場合は順接、逆接、例示などのどの意味で繋がるかがあいまいになる場合があって正確な理解を妨げる。
- 漢字の多い文は、比較的読むのが難しいといわれているが、しかし専門用語はむしろ漢字またはカタカナの方が理解しやすい場合がある。
- 専門用語の直後に“言換え語、説明語、補足語、補足文”などを括弧またはダッシュ等の符号で囲んで書き（以後、折込み語句と呼ぶ）、読者の理解を助ける場合がある。しかし、こういった折込み語句は、その語句の意味を理解する作業によって、対応する符号の前後を連続して読み進む作業が一時中断されるので読みやすさを妨げる。
- 和語は漢語に比べて、読みやすい。しかし、多義語が多いので理解の妨げになる場合もある。
- 指示語が多い文は音読しやすいが、その指示語が指し示す対象が文をまたがっていたり、明瞭でなかったりする場合は、理解の妨げになる。

これらの知見から、著者らは理解しやすさと読みやすさを区別し、また先に述べたようにマニュアルの分かりやすさの中に、“使いやすさ”も含めておく。

マニュアルの使いやすさの要因には、文字サイズ、フォント、柱、ブラックボックス、物理的な形態（製本形態、紙質、音声、イメージ、色彩）等もある。しかし、これらの要因は、先に述べたように本論文の範囲を越えるので除外し、ここでは使いやすさについて、章・節・項のタイトルや小見出しを基にした検索のしやすさのみを対象とする。

3. 表現品質における分かりやすさの仮説と基礎指標

本章では、分かりやすさの定量化はQCに必要であること、分かりやすさは、マニュアルの分野に限定すれば定量化が可能なこと、およびヒューリスティックに導いた基礎指標について述べる。

3.1 分かりやすさの定量的評価と QC

一般論として QC の成功のポイントは、達成すべき「管理項目（作業標準）」が具体的で、かつその成果が数値のように容易に判別できるのがより良いとされている¹⁵⁾。分かりやすさについて、定量的な評価を下すことが可能になれば、マニュアル品質の目標管理が容易になり、品質向上に大きく寄与する。

しかし、マニュアル品質の評価を定量化することがすべてのマニュアル開発者の共感を得ているわけではない。著者の一人が勤務する富士通の社内では、誤り指摘や改善指針の提示は有用であると評価されているが、分かりやすさという感性に属する部分が、数値化され、評価されることに異を唱える人もいる。

それでもなお QC 活動を成功に導く一つの手段として、計測した品質指標を具体的な管理項目として利用することが可能であり、定量的評価方法について研究する意義はあると考えている。

3.2 マニュアルの分かりやすさの尺度例

分かりやすさに関する知見の中には、標準的な値が存在するものもある。例えば、読解力は義務教育では学年に比例すると仮定して次のような関係を確認した。小学校2年、5年、6年の国語・理科の教科書、中学校2年、3年の国語・理科の教科書、高校1年、2年の生物の教科書を対象に、文の平均長と就学年齢の相関係数、漢字率と就学年齢の相関係数を実測し、それぞれ、0.955、0.928 という強い相関を得た⁷⁾。また、長文、カタカナ・漢字の多すぎる文、複雑な修飾関係を持つ文は分かりにくいという実験的および経験的な報告がある^{4), 5), 14), 16)~18)}。

3.3 従来の知見を基にした分かりやすさの評価基準

分かりやすさの概念は極めて抽象的であり、読者の読解力や感性に大きく依存する。対象読者はマニュアルの利用者ということから、対象読者を義務教育終了レベルと想定し、かつ従来の経験的な知見に基づく分かりやすさを“読みやすさ”、“理解しやすさ”、“使いやすさ”の三つの評価基準に分けて考える。評価基準についての分析はヒューリスティックな仮説であり、三つの評価基準をそれぞれ、次のように定義する。

『読みやすさ』とは、対象の文書をスラスラ音読できる度合いである。スラスラ音読できることとは、内容の理解とは独立に、つまづかないで読み進むことができることをいう。

『理解しやすさ』とは、読んでいる内容が容易に理

解できる度合いである。容易に理解できるとは、たとえば、辞典、辞書あるいは専門用語辞典などで特に調べなくても内容を理解しながら読み進むことができることをいう。

『使いやすさ』とは、対象文書中の任意の項目を調べる際の検索できる速さの度合いである。検索には、たとえば目次、見出し、箇条書き記号、および索引などを使うものとする。

分かりやすさの要因となる基礎指標を選出する目的で、これまで蓄積してきた分かりやすさの知見から、表1に示す仮説を導出した。この仮説に基づいた、分かりやすさの基準と基礎指標との関係を表2に示す。

表2に示した基礎指標に関するデータは、マニュアル推敲・支援システム MAPLE¹⁴⁾を使って、46個のサンプル文書を解析し収集した。このようなデータの採取が可能となったのは、自然言語処理における形態

表1 分かりやすさの仮説
Table 1 Hypotheses of clarity.

仮説1	“理解しやすさ”の基礎指標には、箇条書き、見出し、逆茂木文、折込み語句、受動態、および抽象語句が考えられる。
仮説2	“読みやすさ”の基礎指標には、文の長さ、非ひらがな率、折込み語句、および指示語が考えられる。
仮説3	“使いやすさ”の基礎指標には、見出し頻度、索引項目密度、および箇条書きが考えられる。
仮説4	“受動態頻度”は、理解しにくさに比例する。
仮説5	“箇条書き頻度”は、理解しやすさ、使いやすさに比例する。
仮説6	“見出し頻度”は、理解しやすさ、使いやすさに比例する。
仮説7	“抽象語句密度”は、理解しにくさに比例する。
仮説8	“折込み語句頻度”は、理解しやすさに比例する。しかし、読みにくさに比例する。
仮説9	“英数字・カタカナ率”、“漢字率”および英数字・カタカナ・漢字・符号も含めた“非ひらがな率”は、読みにくさに比例する。
仮説10	“平均文長”は、読みにくさに比例する。
仮説11	“平均述語数”および“指示語率”は、読みやすさに比例し、理解しにくさに比例する。
仮説12	“索引項目密度”は、使いやすさに比例する。
仮説13	“逆茂木文頻度”は、理解しにくさに比例する。
仮説14	“例の頻度”は、理解しやすさに比例する。
仮説15	“注の頻度”は、読みにくさに比例する。
仮説16	“二重否定の頻度”は、理解しにくさに比例する。

表 2 分かりやすさの基準と基礎指標
Table 2 Standard of clarity & basic indexes.

基準	基礎指標	基礎指標の測定式 (採用した指標が説明変数)	採否
理解しやすさ	受動態頻度	$\Sigma(\text{受動態の数})/\Sigma(\text{文数})\times 100$	○
	箇条書き頻度	$\Sigma(\text{箇条書き数})/\Sigma(\text{文数})\times 100$	○*
	平均見出し率	$\Sigma(\text{見出し数})/\Sigma(\text{文数})\times 100$	○*
	抽象語句密度	$\Sigma(\text{抽象語句数})/\Sigma(\text{文節数})\times 100$	○
	折込み語句頻度	$\Sigma(\text{引用符号の対の数})/\Sigma(\text{文数})\times 100$	○*
	逆茂本文頻度	$\Sigma(\text{逆茂本文の数})/\Sigma(\text{文数})\times 100$	○
	例・注・備考率	$\Sigma(\text{例・注・備考の数})/\Sigma(\text{文数})\times 100$	—
	二重否定頻度	$\Sigma(\text{二重否定の文数})/\Sigma(\text{文数})\times 100$	—
	重文・複文頻度	$\Sigma(\text{重文・複文の数})/\Sigma(\text{文数})\times 100$	○
	平均文節数	$\Sigma(\text{文節の数})/\Sigma(\text{文数})$	○
読みやすさ	折込み語句頻度	$\Sigma(\text{引用符号の対の数})/\Sigma(\text{文数})\times 100$	○*
	非ひらがな率	$\Sigma(\text{非ひらがな文字数})/\Sigma(\text{文字数})\times 100$	○
	英数字・カタカナ率	$\Sigma(\text{英数字・カタカナ数})/\Sigma(\text{文字数})\times 100$	○
	漢字率	$\Sigma(\text{漢字数})/\Sigma(\text{文字数})\times 100$	○
	平均文長	$\Sigma(\text{文字数})/\Sigma(\text{文数})$	○
	平均述語数	$\Sigma(\text{述語数})/\Sigma(\text{文数})$	○
	指示語率	$\Sigma(\text{指示語数})/\Sigma(\text{文節数})\times 100$	○
	文字充填率	$\Sigma(\text{1p文字数})/\Sigma(\text{1pの最大文字数})\times 100$	—
使いやすさ	箇条書き頻度	$\Sigma(\text{箇条書き数})/\Sigma(\text{文数})\times 100$	○*
	平均見出し率	$\Sigma(\text{見出し数})/\Sigma(\text{文数})\times 100$	○*
	索引項目密度	$\Sigma(\text{索引項目})/\Sigma(\text{文節数})\times 100$	—

記号の説明) 採否欄の○: 採用, 採否欄の—: 不採用, ○の右肩の*: 分かりやすさの他の基準との重複を意味し, どちらにも影響があると考えられる.

補足) 抽象語句: 次の3種類である. ①形容動詞化語尾(～的, ～性, ～度, …)を付加した語, ②比較対象の省略された形容詞, ③富士通のATLASが提供する辞書において“抽象物でかつ, 人が作り出した知的概念”のタグが付与されているもの.

折込み語句: 文中に括弧または引用符号等で埋め込まれた(折り込まれた)語句.

逆茂本文: 本来は, 長い前置修飾節¹⁴⁾を指すが, 本システムでは, 連体修飾句が三つ以上, または一つの体言を修飾する句が入れ子構造になっているもので代用している.

非ひらがな: 技術用語を構成する確率の高い文字であり, 漢字, カタカナ, 英数字, 特殊記号といったひらがな以外の文字を指す.

素レベル, および構文レベルの解析技術がツールとして実現されているからである. ただし, 当該ツールによる自然言語解析処理では, 著者らが対象としたマニュアルの場合でも, 100文中, 高々数文ぐらい解析不能に陥るケース(サンプル平均: 2.79文, サンプル中のマニュアル平均: 1.43文)もある. 解析不能になった文は, 評価対象から除外した. サンプル文書には, 分かりやすさの相違が顕著に出るように, データの難易度が一般的に既知であると考えられている文書(例えば, 教科書や特許抄録文など)も含ませた.

サンプル文書の内訳は, 小・中・高の教科書(5件), 学会論文(5件), 特許抄録文(2件), ハードウェアのマニュアル(2件), ソフトウェアのマニュアル(エンド・ユーザ向け: 15件, システム・ユーザ向け: 2件), 教養書(3件), 小説(2件), 新聞(5件), 報告書(5件)である. また, 文数および文字数は, 解析不能になった文を除外して, それぞれ合計19,880文, 459,976文字である.

収集した結果から, 例・注・索引はマニュアル以外のサンプル文書中にはほとんど含まれておらず比較評価不可であり, 基礎指標から除外した. また, 二重否定の頻度についても全サンプルにわたってほとんど0に近いので基礎指標から除外した. 最終的に採用した基礎指標を表2の採否欄に示す. 採用した基礎指標を分かりやすさを説明する変数という意味で, 以後“説明変数”と呼ぶ.

4. 統計とアンケートを利用した分かりやすさのモデル評価式

本章では, 統計を利用した分かりやすさの構造分析, および分かりやすさの因子についてのモデル評価式の提示と, サンプル文書のアンケート調査を基にした分かりやすさの総合的なモデル評価式の導出手法, および当該モデル評価式の検証について述べる.

4.1 分かりやすさの要因を基にした統計解析とモデル評価式

分かりやすさの要因を基に, 因子分析を行って, 分かりやすさの因子と, 当該因子に対するモデル評価式を導出する. 分かりやすさの要因とは, 3章で抽出した分かりやすさの説明変数である. 導出手順を以下に述べる.

① 46個のサンプル文書について, 3.3節で採用した14個の説明変数のデータを計測し, 因子分析を行う. 分かりやすさという感性に属する性質を説明していると考えられる因子を, 各因子の固有値の大きい方から探索し, 分析結果において値の大きな因子に名前づけを行う. 名前づけした因子は表2の分かりやすさ

の基準と区別するため、以後“分かりやすさの因子”と呼ぶ。

② 分かりやすさの因子について、客観的な評価指標を得るため、因子分析結果の各分かりやすさの因子に対する説明変数を使ったモデル評価式を導出する。このとき、分かりやすさの因子に対する評価を、当該因子の因子得点 (Z_f) によって表現する。

4.1.1 形態情報を基にした分かりやすさの因子

因子分析の結果を図1および図2に示す。図1は、説明変数の相関行列から得た固有値と寄与率であり、図2は、直交回転の変換行列において、因子と説明変数の関連構造を見やすくした、ソート後の因子パターン

ンである。ここで、図2の14因子の中から、実用的な因子数を推定するため、Guttmanの弱下限法 (weaker lower bound)¹⁹⁾を用いて4個の因子を抽出した。すなわち、図1で示す固有値が1以上の因子がこれにあたる。また、これら4個の因子で累積寄与率が約75%になることから、分かりやすさの品質を保証するためにはこれらの4個の因子に注目すればよいと考えられる。特に、因子1, 2は累積寄与率が55%を超えるので重要である。図2の下部に名前づけの結果を“意味ラベル”として記載した。名前づけについて以下に述べる。

名前づけとは、各因子の解釈の結果について、意味

***** 固有値 *****					
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5
固有値	4.976785	2.747894	1.597080	1.144173	0.861295
寄与率	35.5%	19.6%	11.4%	8.2%	6.2%
累積寄与率	35.5%	55.2%	66.6%	74.8%	80.9%
	因子 6	因子 7	因子 8	因子 9	因子 10
固有値	0.786331	0.678617	0.433515	0.300457	0.268502
寄与率	5.6%	4.8%	3.1%	2.1%	1.9%
累積寄与率	86.5%	91.4%	94.5%	96.6%	98.5%
	因子 11	因子 12	因子 13	因子 14	
固有値	0.137147	0.035126	0.024179	0.008897	
寄与率	1.0%	0.3%	0.2%	0.1%	
累積寄与率	99.5%	99.8%	99.9%	100.0%	

有効サンプル数: 46, 説明変数: 14
 因子抽出行列: 相関行列
 因子抽出法: 主因子法 (繰り返しなし)
 因子回転法: 直交回転 (バリマックス)
 因子選択条件: 最小固有値が 1.0000
 得点の重み行列推定法: 理想的観測特性法

図1 因子分析結果の固有値と寄与率

Fig. 1 Eigenvalues and factor contribution ratio of factor analysis result.

***** ソート後の因子パターン *****				
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
平均文節数:	0.954943	0.000000	0.000000	0.000000
平均文長:	0.911639	0.000000	0.000000	0.000000
重文・複文頻度:	0.833291	-0.291777	0.000000	0.000000
平均述語数:	0.816280	-0.470336	0.000000	-0.266619
英数字・かな率:	-0.299920	0.906120	0.000000	0.000000
非ひらがな率:	0.000000	0.880028	0.000000	0.296185
折込み語句頻度:	0.333425	0.795649	0.000000	0.000000
指示語率:	0.000000	-0.659650	-0.295976	-0.328851
逆茂木文頻度:	0.358196	0.000000	0.762106	0.000000
抽象語頻度:	0.000000	0.000000	0.702357	0.299304
受動態頻度:	0.416351	0.000000	0.573492	0.000000
漢字密度:	0.000000	0.000000	0.000000	0.875090
箇条書き頻度:	-0.321667	0.000000	0.000000	0.583275
平均見出率:	-0.290731	0.000000	0.489108	0.000000

↓ ↓ ↓ ↓

意味ラベル

簡潔さ (-) 冗長さ (+)	読みやすさ (-) 読みにくさ (+)	理解しやすさ (-) 理解しにくさ (+)	親しみやすさ (-) 親しみにくさ (+)
--------------------	------------------------	--------------------------	--------------------------

図2 因子と説明変数の関係

Fig. 2 Visualized relation between factor and explanation variable.

を認識しやすくするために適切な呼称で表現することをいう。4個の分かりやすさの因子の名前づけについては、表1および表2の仮説に基づいた分かりやすさの基準を利用した。図2の因子パターンのうち各因子に対応する説明変数の絶対値が0.4以上のものを因子に対する寄与が大きいと見て注目する。

図2で因子1に大きな正の寄与を持つ平均文節数、重文・複文頻度、および受動態頻度は表2では理解しやすさの基準に属し、平均文長、平均述語数は読みやすさの基準に属している。これらの基礎指標の共通の特徴としては、簡潔さあるいは、その逆の冗長さが近いと思われる。ここでは仮に因子1を“簡潔さ”と名づけておく。

図2で因子2に大きな正の寄与を持つ英数字・カタカナ率、非ひらがな率、折込み語句頻度、および大きな負の寄与を持つ、指示語率、平均述語数はすべて表2の読みやすさの基準に含まれているので、因子2を“読みやすさ”と呼んでもよいだろう。ただし、正の寄与を持つ非ひらがな率、英数字・カタカナ率、折込み語句頻度は、表1から読みにくさ、すなわち負の読みやすさと考える。また、負の寄与を持つ指示語率、平均述語数は、表1から正の読みやすさと考える。

図2で因子3に大きな正の寄与を持つ逆茂木文頻度、抽象語頻度、受動態頻度はすべて表2の理解しやすさの基準に含まれるので、因子3を“理解しやすさ”と呼んでも良いだろう。また、表1からこれらを理解しにくさ、すなわち負の理解しやすさと考える。ただし、正の寄与を持つ平均見出し率と理解しやすさの関係は仮説と一致していない。

図2で因子4に大きな正の寄与を持つ漢字率は、表2では読みやすさの基準に属している。また、正の寄与を持つ簡条書き頻度は表2では理解しやすさ、使いやすさの基準に属して仮説からは一意に分類できない。これらの基礎指標の共通の特徴として、漢字率および簡条書き頻度が高いと硬直した感じが強くなることから、親しみにくさに関係が深いと思われる。ここでは仮に因子4を“親しみやすさ”と名づけておく。

4個の因子に付けた名前が、図2の矢印で示した下段の意味ラベルである。意味ラベルに付された括弧中の符号と、因子パターンの符号とが、対応している。

4.1.2 因子分析を利用した各因子の評価式

マニュアルの分かりやすさを定量的に評価するた

表3 因子得点係数行列
Table 3 Factor score coefficients.

説明変数	意味	因子得点係数行列			
		因子1	因子2	因子3	因子4
X ₁	非ひらがな率	0.0224	0.2710	0.0152	0.0563
X ₂	英数字・カタカナ率	-0.0155	0.3445	0.0301	-0.2583
X ₃	折込み語句頻度	0.1937	0.3564	-0.1781	-0.0665
X ₄	平均述語数	0.1819	-0.0629	-0.0248	-0.0726
X ₅	指示語率	0.0082	-0.1682	-0.1166	-0.1027
X ₆	平均文長	0.2891	0.1674	-0.0580	0.0274
X ₇	逆茂木文頻度	0.0427	-0.0417	0.4106	-0.0071
X ₈	平均文節数	0.2759	0.0318	-0.0809	0.1207
X ₉	重文・複文頻度	0.1956	-0.0205	0.0683	-0.0345
X ₁₀	受動態頻度	0.0620	-0.0114	0.3140	-0.0985
X ₁₁	平均見出し率	-0.1240	0.0052	0.3117	-0.1776
X ₁₂	抽象語頻度	-0.0425	-0.0178	0.3704	0.1229
X ₁₃	簡条書き頻度	-0.0218	-0.0250	-0.1249	0.4107
X ₁₄	漢字密度	0.0819	-0.1291	-0.0182	0.6742

め、分かりやすさを4.1.1項で抽出した4側の因子で代表し、それぞれの因子に関するモデル評価式を作成する。

各因子に対する説明変数の影響度を考慮した結果が因子得点で算出できることから、分かりやすさの因子のそれぞれの評価点を、各因子の因子得点で表現することにする。このときの、因子得点を算出する式を、分かりやすさの因子のモデル評価式と呼び、式(1)に示す。また、因子分析の結果得られた、モデル評価式を構成する因子得点係数行列を表3に示す。ただし、先の名前づけの際に言及したように、図2の下段に示した意味ラベルでは、簡潔さ、読みやすさ、理解しやすさ、親しみやすさの因子パターンがいずれも負の符号である。モデル評価式では、これらの因子を是とした符号(+)にするため、すべての係数に(-1)を乗じて符号を反転しておく。

$$Z_r = \sum_{i=1}^n W_{ri} x_i \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_r : \text{第 } r \text{ 因子の評価点 (因子得点)} \\ W_{ri} : \text{因子得点係数行列} \\ x_i : i \text{ 番目の説明変数 (標準化済みの } x_i) \\ i : 1, \dots, n \text{ (因子を含む変数の個数)} \\ r : 1, \dots, 4 \text{ (因子の番号)} \end{array} \right.$$

4.2 分かりやすさの総合的なモデル評価式の導出

4.1節で導出した、分かりやすさの各因子の評価点は部分であり、分かりやすさを総合的に捉えるため

には、四つの因子を人間の感性を基に統合する必要がある。この統合する方法について述べる。

人間の感性による分かりやすさを調査するために、モデル評価式を導出するのに利用したサンプル文書を対象に、分かりやすさに関するアンケートを実施した。アンケートは、評価者集団の相違による偏りがあるか否かを調べる目的で、二つの独立した集団を設定した。モデル評価式による各因子ごとの評価得点と二つの独立した評価者集団ごとのアンケートによる評価得点を基に重回帰分析を行って、分かりやすさの総合的なモデル評価式をそれぞれ導出する。重回帰分析で有意な回帰結果が得られれば、当該回帰式を分かりやすさの総合的なモデル評価式とする。重回帰分析を利用した、総合的なモデル評価式の導出手順を以下に述べる。

4.2.1 分かりやすさのアンケート調査

前節で述べた 46 個のサンプル文書に対して、2 組の評価者集団を選定し、分かりやすさの評価データを収集する。評価者集団からは、アンケート調査によって分かりやすさの評価得点を収集する。アンケートは、評価者ごとの採点のばらつきを抑えるために、デルファイ法によって分かりやすさ得点を再測定する。

アンケート方法は、配布した全文書（1 文書は 400 文相当）を評価者に通読してもらい、かつその結果“各文書ごとの分かりやすさ”について 10 段階評価（1～10 点）で採点してもらった。ただし、分かりやすさといっても漠然としているため、主に対象文書の読みやすさ、理解しやすさ、および使いやすさについ

て十分表現されているかということを中心に評価してもらった。その際、文書の内容以外の要因が入り込むと評価が複雑になるため、視覚的な要因は補正した。すなわち、サンプル文書に対して図表の除外、文字サイズの統一、文字の書体の統一、文書量の絞り込み（1 文書は 400 文相当）、および目次・索引ページの除外を行った。

アンケートに対する第一の評価者集団 13 人の内訳は、ソフトウェア開発者（6 人）、マニュアル開発者（5 人）、新入社員（2 人）である。この 13 人は、分かりやすいマニュアルを開発するための専門の技術教育（社内教育）を履修しているため、以後テクニカルライターと呼ぶ。第二の評価者集団は、工学系の大学院生（30 人）である。

4.2.2 重回帰分析による分かりやすさの総合評価式

ここでは、テクニカルライターと工学系の大学院生の評価得点を基に、分かりやすさの総合評価値 (E_{tw} , E_{gs}) を算出するモデル評価式を重回帰分析を使ってそれぞれ導出する。

マニュアルの分かりやすさの評価を人の感覚的な値に近づけるため、重回帰分析の従属変数には、4.2.1 項のアンケートで収集した、分かりやすさの評価得点を使用する。この値を従属変数とし、また 4.1.2 項で導出した 4 個の因子の評価得点を独立変数としたモデルで重回帰分析を行う。重回帰分析結果の独立変数の回帰係数を h_r とすると式(1)より、以下の一般式(2)を得る。解析結果の各種統計量を表 4 に載せる。

表 4 四つの因子による重回帰分析の結果
Table 4 Result of multiple regression analysis by four factors.

分散分析表		平方和	自由度	平均平方	F 値	両側確率	
	回帰	19.52487	4	4.88122	5.52409	0.00197	
残差	25.62508	29	0.88362				
合計	45.14995	33	1.36818				
各種統計量	残差平方和:	25.62508					
	推定の標準誤差:	0.94001					
	赤池情報量規準:	-1.61483					
	重相関係数:	0.65761	自由度調整済み重相関係数:	0.59511			
	決定係数:	0.43245	自由度調整済み決定係数:	0.35416			
回帰係数		標準化回帰係数	回帰係数	回帰係数の標準誤差	t 値	両側確率	偏相関係数
	簡潔さ	-0.16217	-0.18230	0.16553	-1.1013	0.2798	-0.2004
	読みやすさ	0.48243	0.53343	0.15762	3.3844	0.0021	0.5321
	理解しやすさ	0.09554	0.11458	0.17219	0.6654	0.5110	0.1226
	親しみやすさ	0.33814	0.41945	0.18619	2.2527	0.0320	0.3859
	定数項		6.14353	0.17129	35.8653		

$$E = \sum_{r=1}^p h_r Z_r + \theta = \sum_{r=1}^p \sum_{i=1}^n h_r (W_{ri} x_i) + \theta \quad (2)$$

- h_r : 独立変数の回帰係数
- W_{ri} : 因子得点係数
- x_i : i 番目の説明変数
- θ : 回帰定数
- i : 1, ..., n (因子が含む変数の個数)
- r : 1, ..., p (因子の個数)

表4の分散分析表の検定によると、回帰の両側確率が十分利用可能な値(0.00197)を示しており有意水準0.5%で有意である。四つの因子の重相関係数は0.658であり、かなり相関がある。この結果を式(3)に示す。

【テクニカルライタの評価結果を基にしたモデル評価式】

$$E_{tw} = h_1 Z_1 + h_2 Z_2 + h_3 Z_3 + h_4 Z_4 + \theta$$

$$= -0.182 Z_1 + 0.533 Z_2 + 0.115 Z_3$$

$$+ 0.419 Z_4 + 6.144 \quad (3)$$

式(3)では、因子1だけが“分かりやすさ”に対して負の方向に働いている。すなわち、因子1を“簡潔さ”とみなすと常識と一致しない。マニュアルの方が難しく、小・中学校の教科書の方が分かりやすいと考えるのが常識的である。ところが、計測データをもう一度吟味してみるとマニュアル対小・中学校の教科書の比率は平均文長(29.5:32.2)、平均文節数(5.3:7.3)、平均述語数(1.4:2.6)、および重文・複文頻度(31.9:52.6)であり、いずれも小・中学校の教科書の方が大きい値を示している。すなわち、常識とは裏腹に小・中学校の教科書の方が文が長く、文節数が多く、文中の述語数が多く、かつ複文が多いことを示している。

しかし、著者らはこれまで“簡潔さ”をマニュアルの是としてきた。何故、逆転したのかを探るとマニュアル対小・中学校の教科書の比率が非ひらがな率(68.4:33.6)、折込み語句頻度(17.2:1.3)等で大きな開きがある。すなわち、マニュアルは計算機関係の専門用語、箇条書き、および折込み語句等の多用によって文を短くしていることが考えられる。逆に小・中学校の教科書の場合は専門用語が少ない分だけ冗長(懇切)な言い回しになっていると考えられる。

これまでの知見²⁰⁾では、“明確に定義された専門用語を使用してマニュアルを書けば簡潔になりかつ情報が正確に伝わるが、しかし、専門的な内容について日常語だけを使用して書くと極めて冗長になりやすい”というのがあった。掲記の分析でこの知見が実証されたと考える。

次に、テクニカルライタとは異なる評価者集団による調査結果を基にした総合的な分かりやすさを推定するモデル評価式(Egs)について述べる。第二の評価者集団は、工学系の大学院生30名であり、当該グループのアンケート調査から得た評価得点を使用する。ただし、アンケートで評価が得られたのは、評価対象文書46冊のうち30冊である。

掲記の評価得点を従属変数として重回帰分析を実施した。分散分析表の検定によると、回帰の両側確率が0.00002を示しており有意水準0.1%で有意である。四つの因子の重相関係数は0.808であり強い相関がある。結果のモデル評価式を(4)に示す。

【工学系大学院生の評価結果を基にしたモデル評価式】

$$E_{gs} = -0.521 Z_1 + 0.652 Z_2 + 0.390 Z_3$$

$$+ 0.134 Z_4 + 6.399 \quad (4)$$

式(4)においても、式(3)と同様に因子1だけが“分かりやすさ”に対して負の方向に働いている。

4.3 二つの評価者集団から導出したモデル評価式の比較

テクニカルライタと工学系の大学院生という、異なる集団の評価結果を基に導出した二つの総合的なモデル評価式を実際のマニュアルに適用した。これら二つ

表5 TWモデル評価式の得点とGSモデル評価式の得点比較
Table 5 Comparison of TW-model evaluation with GS-model evaluation.

サンプル文書	因子1 (Z ₁)	因子2 (Z ₂)	因子3 (Z ₃)	因子4 (Z ₄)	TWモデル 評価値 (E _{tw})*1	GSモデル 評価値 (E _{gs})*2
A 初心者用実習書	+1.33	+0.65	+0.67	+1.00	6.74	6.52
B 初心者用操作書	-0.00	+1.41	+0.79	-0.79	6.66	7.52
C 操作手引書	-0.80	+0.54	-0.60	-0.95	6.11	6.80
D 使用手引書	-1.04	-0.83	-1.07	+0.69	6.06	6.08
E 操作手引書	+0.97	-0.27	+1.21	-0.08	5.93	6.18
F 説明書	-0.45	-0.98	+0.38	+0.33	5.89	6.19
G 説明書	+0.00	-0.51	-1.39	-0.20	5.63	5.50

補足) *1: TWモデル評価値とは、テクニカルライタの評価を基に導出したモデル評価式から算出した評価点。

*2: GSモデル評価値とは、工学系の大学院生の評価を基に導出したモデル評価式から算出した評価点。

のモデル評価式の値の関係について以下に述べる。

モデル評価式(3), (4)を新たな7件のサンプル文書について適用した。サンプル文書は、計算機マニュアルで、かつ機械可読の形で著者らが入手可能な7点である。テクニカルライタの評価を基にした総合的なモデル評価式(3)による評価結果 *Etw* と、工学系の大学院生の評価を基にした総合的なモデル評価式(4)による評価結果 *Egs* の相関を分析した。表5に各マニュアルごとの因子得点と両者の評価結果を載せる。

この評価結果の点数に関しては、評価基準の相違から一致しないが、分かりやすさの順位については二つの相違点を除いて、ほぼ符合している(相違点は *Etw* の1位が *Egs* では3位, その他は4位, 6位の入れ替わり)。

モデル評価式で得た *Etw* と *Egs* の評価値の相関について分析した結果、両者の相関係数は、0.782 とかなり相関が強い。一方、検定結果の両側確率は0.0376 である(有意水準5%で有意)。評価者集団を変えても、またサンプルの種類を変えても二つの式の評価結果には有意な相関が見られるということは、任意の文書を入力した場合に、ある一定の評価が下せる可能性が強いことを示している。

文書表現上の分かりやすさを人間が評価する際は、公平さを追求するために、視覚的要素、物理的要素を除いたり、対象文書の種類や内容と読者のレベルとを整合させたりするための環境設定にかなりの労力を費やし、また多大な評価作業を必要とする。また、同一の対象であり同一人による評価でも時間の推移によって評価結果が異なったりする。一方、計算機を使用したモデル評価式による採点は、機械的に同じ基準を適用することが可能であり、効率は格段によい。したがって、マニュアル開発現場で、QC を目的としたマニュアル評価の客観的な参考データとして利用することができると思われる。

5. おわりに

形態的要素を中心として、計算機による表現上の分かりやすさの定量的評価の可能性を提示した。しかし、統計データの量、および文書種別等の面でまだ課題が残されている。サンプル数46冊、および分かりやすさについての43人の評価者集団はデータ量として必ずしも十分ではないかもしれない。しかし、現状のデータ収集では、対象文書が計算機可読になっていること、要因を計測するツールの機能が十分なこと、

多数の人に大量の文書を読んでもらい、かつ評価してもらうことなど困難な問題が多い。

また、モデル評価式を使って定量的評価を試みる対象も、現在のところマニュアル以外は考えていない。企業内におけるマニュアルの分野ではある程度、文書の標準的な表現基準を決めているので、計測データを標準化する際の指標が得やすい。また、QC の道具として定量的評価方法の出現が望まれている。こういった二つの事情により、マニュアル開発現場ではモデル評価式構築の可能性が高く、また存在意義もあると考える。

著者の一人が勤務する富士通では、マニュアル推敲・査読支援システム MAPLE をマニュアル開発現場で使用している¹⁴⁾。今後は、データ量を増やして分析を深め、精度を上げた分かりやすさのモデル評価式を MAPLE に組み込み、マニュアル開発現場で洗練させていく予定である。

謝辞 本研究を遂行するに当たり、著者の一人が九州大学工学部の受託研究員として、研究する機会を与えていただき、かつ有益な御助言をいただいた富士通ソフトウェア事業部ソフトウェア技術部長代、吉田哲三氏に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 日経データプロ EDP (1987, 1988).
- 2) Flesch, R.: *The Art of Readable Writing*, Harper (1949).
- 3) Cherry, L.: *Writing Tools*, *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-30, No. 1, pp. 100-104 (1982).
- 4) 安本美典: 説得の文章技術, 講談社 (1983).
- 5) 森岡健二: コトバの科学, 中山書店 (1958).
- 6) 小鶴康浩: 日本語文の読みやすさの評価に関する基礎的研究, 第34回情報処理学会全国大会論文集, pp. 1295-1296 (1987).
- 7) 高橋善文, 高橋浩一郎: マニュアル推敲・査読支援システム, 第36回情報処理学会全国大会論文集, pp. 1099-1100 (1988).
- 8) 石崎 俊, 井佐原均: 日本語文の複雑さの定性的・定量的特徴抽出, 自然言語処理研究会資料, 67-6 (1988).
- 9) 牛島和夫, 日並順二: 日本語文章推敲支援ツールのプロトタイプ(1), 第29回情報処理学会全国大会論文集, pp. 413-414 (1984).
- 10) 高木伸一郎, 安田恒雄, 島崎勝美, 池原 悟: 日本文訂正支援システム REVISE における誤り検定方式の検討, 第34回情報処理学会全国大会論文集, pp. 1353-1354 (1987).
- 11) 鈴木恵美子, 武田浩一: 日本語文書校正支援シ

- システム CRITAC の校正環境, 第 34 回情報処理学会全国大会論文集, pp. 1349-1350 (1987).
- 12) 福島俊一, 大竹暁子, 大山 裕: 日本語文章作成支援システム COMET における文章書き換え機能, 第 34 回情報処理学会全国大会論文集, pp. 1357-1358 (1987).
- 13) 空閑茂起: 文書作成・校正支援システム WISE の機能と評価, 第 34 回情報処理学会全国大会論文集, pp. 1355-1356 (1987).
- 14) 高橋善文, 吉田哲三: 計算機マニュアル推敲・査読支援システム MAPLE の開発と運用, 情報処理学会論文誌, Vol. 31, No. 7, pp. 1051-1062 (1990).
- 15) TQC 実施法コース・テキスト, 日本生産科学協会 (1985).
- 16) Miller, G. A.: The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information, *Psychological Review*, Vol. 63, pp. 81-97 (1956).
- 17) 木下是雄: 理科系の作文技術, 中央公論社 (1981).
- 18) 海保博之: インタフェースの認知心理学—マニュアルを題材として—, 情報処理, Vol. 30, No. 8, pp. 902-911 (1989).
- 19) 芝 祐順: 因子分析法, 東京大学出版会 (1972).
- 20) 久保宏志 (監修): 富士通におけるソフトウェア品質保証の実際, 日科技連 (1989).

(平成 2 年 5 月 21 日受付)

(平成 3 年 1 月 11 日採録)



高橋 善文 (正会員)

昭和 24 年生. 昭和 47 年新潟大学理学部物理学科卒業. 同年(株)富士通に入社. 大型汎用機のコンパイラ, リレーショナル・データベースの開発を歴て, 現在, ドキュメント開発の方法論の研究とそのツール化, およびドキュメントの品質・生産性の定量的評価技術の開発に従事.



牛島 和夫 (正会員)

1937 年生. 1961 年東京大学工学部応用物理学科 (数理工学) 卒業. 1963 年同大学院修士課程修了. 同年九州大学中央計数施設勤務. 1977 年九州大学工学部情報工学科教授 (計算機ソフトウェア講座担当), 現在に至る. 1990 年 4 月から九州大学大型計算機センター長を兼務. 工学博士. 著書「Fortran プログラミングツール」(産業図書) ほか. 日本ソフトウェア科学会, 電子情報通信学会, ACM 各会員.