

1. はじめに

本報告は、知識処理に基づく設計支援システム構築の一環として、鋼構造部材の設計に関わる処理分析と設計支援システムの構築、さらにシステムを利用することによる設計技量向上に関して考察を加えたものである。

2. 既往の研究と知識処理の鋼構造部材設計への応用

設計処理に関する研究開発の例を挙げれば、枚挙にいとまないところであるが、今日の構造設計システムの簡便さは熟練した設計技術者にとっては強力な道具として利用されている。一方では技術の未発達な初心者にとっては、その処理システムが一応の設計解を得ることはできるものの、その解の吟味ができるかどうかは疑問の残るところである。

このように従来の一連処理プログラムは手続型言語によって開発され、いわばブラックボックス化されたシステムが大勢を占めていたものに対して、近年では利用者のシステム構築あるいはシステムの改良・成長を可能とする新世代の設計システムの提唱がなされて来ている。例えば B. Kumar は知識処理に基づく構造設計について著しており<sup>[1]</sup>、長澤等は知識処理を行う設計計算言語 DSP を開発している<sup>[2]</sup>。知識処理による処理は与えられた設計空間内から設計条件を満足する解を探索して複数解を見いだす<sup>[3,4]</sup>のに対して、従来のシステムでは自動的に試行錯誤を行い最適解を導き出すかもしくは入力仮定値に対する解を出力するのみの単一解を得る。図1は設計の対象に関わる全てあるいは一部の情報が用意されるとき、設計条件（拘束条件）の下で抽出される集合を得る作業を図化したものである。本研究では与えられた設計情報を設計空間と呼び、設計解の集合を設計可能空間と呼ぶ。設計情報は設計者が用意するデザインカタログに記述されている数値情報などである。設計とは図1のように設計空間から設計可能空間を切り取り、

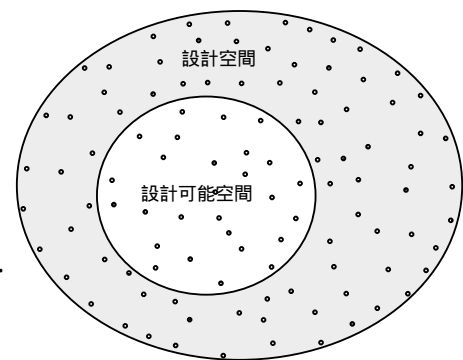


図1 設計空間と設計課の宇空間

その中から最終的に1組の解を決定することであるといえる。知識処理では設計者が複数の設計解の中から最も相応しい解を選択する道が与えられ、システムに設計者が従属するといった主客転倒するような奇異な利用形態になることを防止できる。

本研究では鋼構造部材の設計に焦点を当て、構造設計の初学者が、設計の仕組の理解と設計熟練者が長年の経験から手にしている設計可能空間の取得を短期間で実現できることを示す。鋼構造設計の学習は大学で修得する鋼構造設計の基礎的知識を得ることを前提としており、本学学部4年生1名に以下に示す鋼構造部材設計支援システムを記述し、そのシステムを利用することで設計可能空間の抽出を試みてもらった。

3. 鋼構造部材設計の記述と設計処理の分析

鋼構造物の部材設計は「鋼構造設計規準」<sup>[5]</sup>に基づいて行われる。規準書に記述される設計式および式に関わる変数や定数記号の説明は図2に示す形態をもつのが一般的である。一方、プログラミング言語で記述する場合、Fortran や BASIC のような手続処理型言語ではプログラム文記述の順序が重要であ

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{c \sigma_b}{f_b} \leq 1 \quad (6.1)$$

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{c \sigma_b}{f_b (1 - \frac{\sigma_c}{f_c})} \leq 1 \quad (6.1)'$$

ただし、 $f_e = \frac{P_e}{A}$ ,  $P_e = \frac{\pi^2 EI}{\ell^2}$  : オイラー荷重

図2 設計規準書に見られる記述例（文献[5]）

\* 熊本大学工学部環境システム工学科・助教授・工博

り、同図に見られる規準書の記述様式は許されない。設計のための記述仕様を備えたプログラミング言語が設計仕様書の記述様式に一致しないことは、システム構築以前にプログラミング言語の学習に相当の時間を割かなければならない。本研究で用いたプログラミング言語 DSP は上記の要件を満たす言語<sup>[6]</sup>として採用された。

#### 4. データフローと設計モジュールの構成

設計処理が明快に理解できる要件の一つに扱うデータの加工状況把握が容易であることが挙げられる。設計者にとって重要なことは、データの加工の順序ではなくデータの加工の関連付けである。以下に示す図3

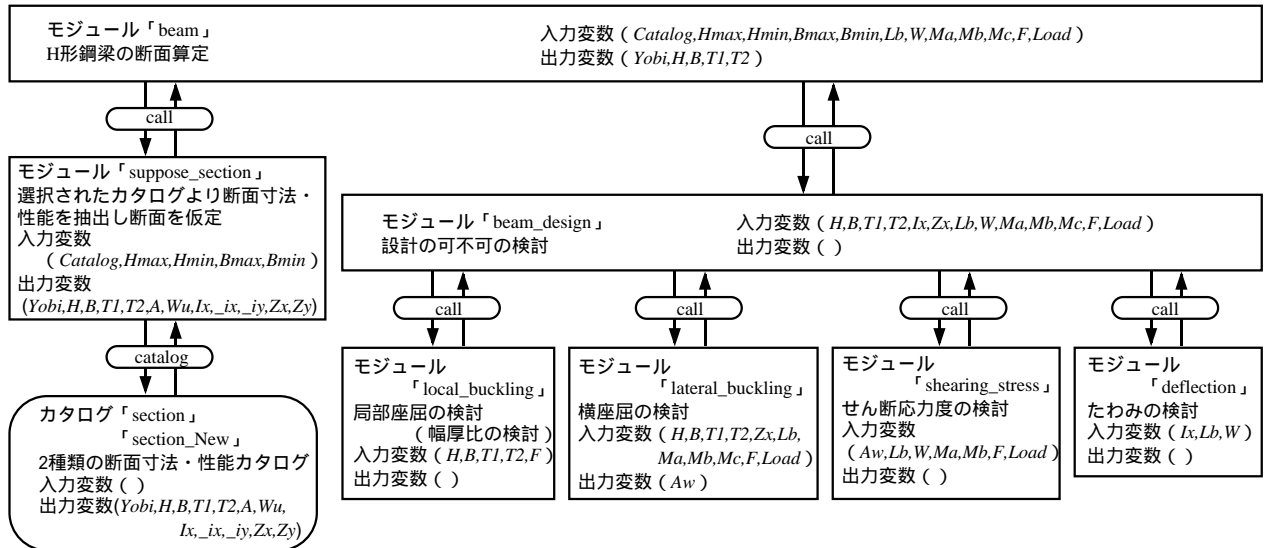


図3 H形鋼梁部材設計システムの構成

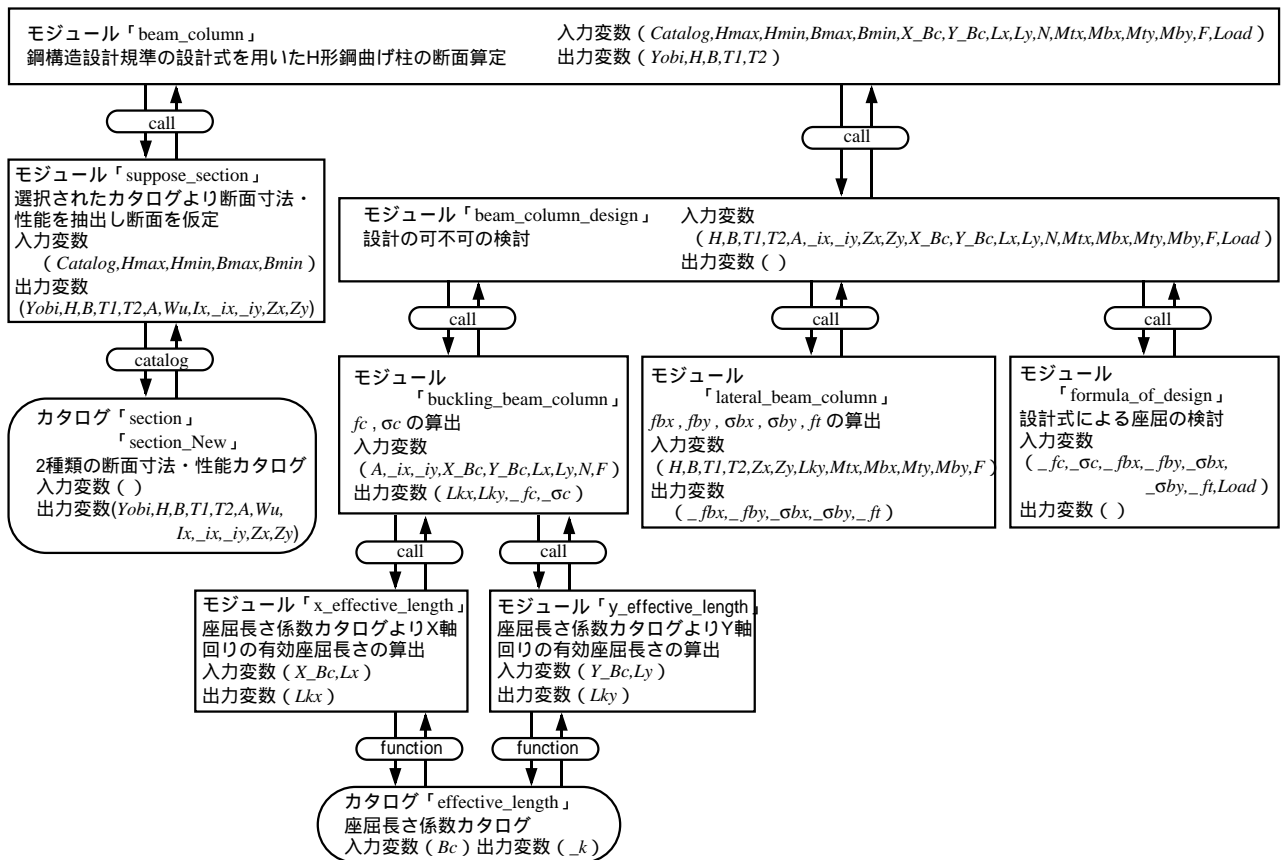


図4 H形鋼柱部材設計システムの構成

および図4はそれぞれH形鋼梁部材およびH形鋼柱部材の設計を簡潔に機能図として示したものである。

それぞれの図は、設計を分析した結果得られた複数の独立した機能を司るモジュールが有機的に結合されて全体として部材設計システムを構築した様子を示している。個々のモジュールは、上述のようにモジュール間で結合して実行させることもできるし、単独で実行させることもできる。このことはモジュールの再利用が容易にできることを意味する。設計者が入力したデータに対して処理された結果が得られるまでに、各モジュールの仕事と用意された設計カタログより設計条件を満足する情報を抽出する。

図3では応力の検定のみならずたわみの検定を行う。検定の種類の異なるモジュールを組み合わせることができるので、これより更に他の検定を付加することは容易である。例えば設計規準の改定に伴う設計システムの改変を考えれば、他のプログラミング言語で記述したものより労力を必要としない。

## 5. 設計システムの構築に関わった利用者の設計可能空間の抽出

ここで構築したH形鋼梁および柱部材の断面算定システムを用いて、ラーメン骨組のスパンを変化させたときの鋼部材の単位重量および部材背寸法の変化を調べた結果を示す。用いた鋼材はSS400とした。

### 5.1 H形鋼梁部材の設計可能空間の抽出

300 kg/m<sup>2</sup>の等分布床荷重を作用させた両端固定のH形鋼梁のスパンと単位長あたりの重量および部材背の設計可能空間を求めるために図3のシステムを実行した結果、図5および図6が得られる。各折れ線の上側の領域が設計可能空間である。図中の $L_y$ は梁部材が負担する直交方向の幅である。両図からスパン応じた選択可能な部材情報が得られ、このような図を得ることが設計者の技量向上に貢献する。

### 5.2 H形鋼柱部材の設計可能空間の抽出

柱部材の設計は図7に示す門型ラーメンの応力計算に基づいて行った。床荷重を300 kg/m<sup>2</sup>の等分布荷重とし、梁部材の直交方向の床負担幅はスパン長さとした。スパンと柱部材の単位長あたりの重量および部材背の設計可能空間を求めるために図4のシステムを実行した結果、図8および図9が得られる。

### 5.3 設計式の比較

図4のシステムを用いて我国の設計式と合衆国の設計式(AISC)<sup>7)</sup>による設計解の比較も容易に行える。図10はその結果である。

## 6. おわりに

本研究は、鋼構造骨組構造設計のための部材断面算定処理に焦点を当て、設計者の設計スキル向上を支援するシステム構築を試作を行う一環として、知識処理を備えた設計計算言語DSPを用いて再利用に柔軟なシ

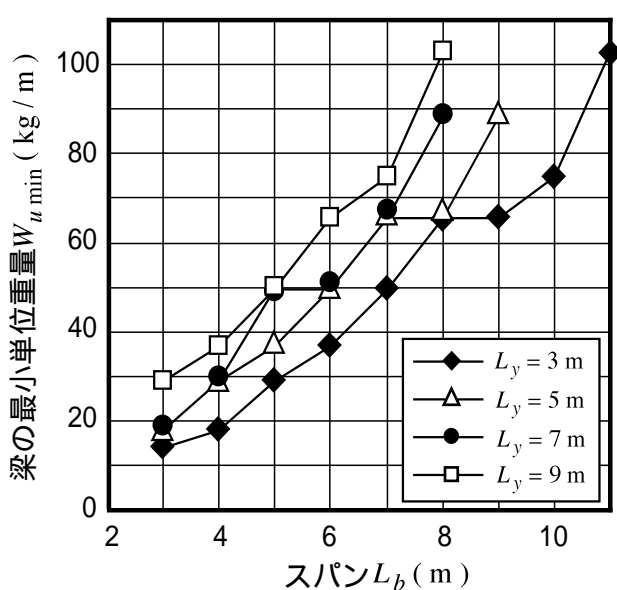


図5 H形鋼梁部材のスパンと最小単位重量

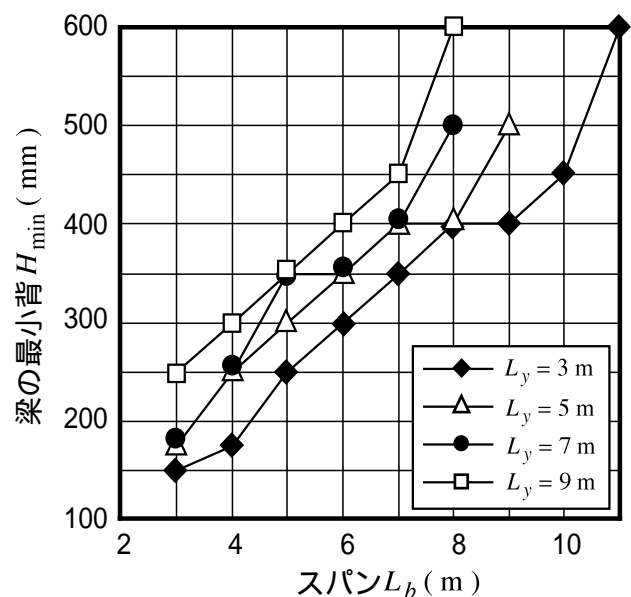


図6 H形鋼梁部材のスパンと最小背

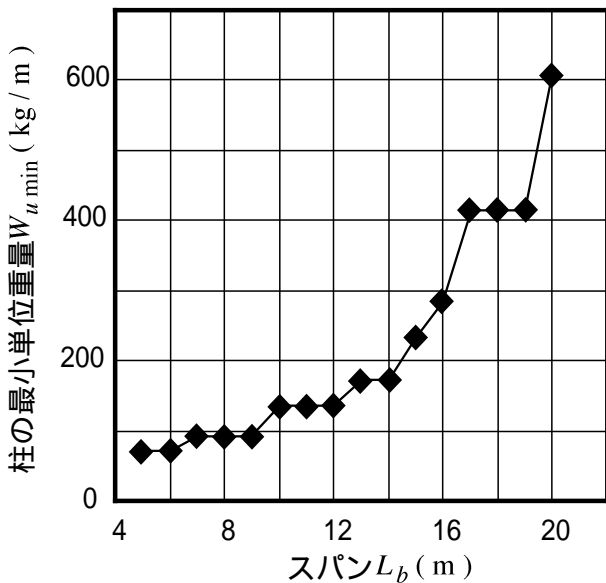


図8 H形鋼柱部材のスパンと最小単位重量

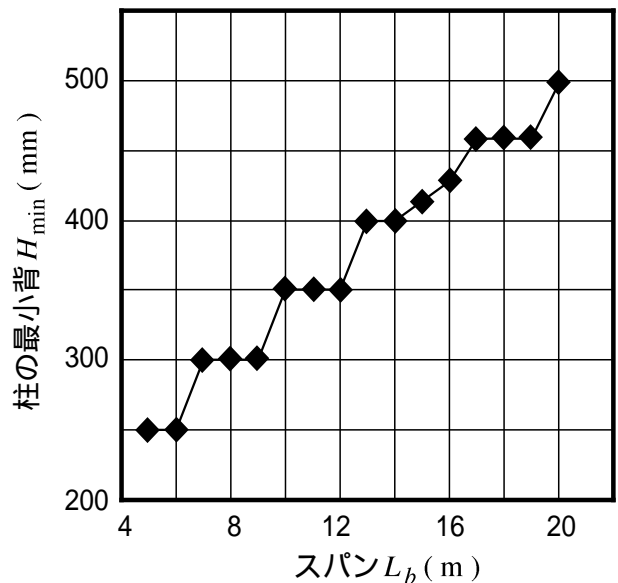


図9 H形鋼柱部材のスパンと最小背

システムを構築できた。ここで得られた知見を以下にまとめる。

1) 構造設計初学者による鋼構造部材設計の支援システム構築を短時間で実現

できた。その背景にはプログラミング言語の記述性の良さがある。

2) 構築できた設計システムを用いて設計空間から設計可能空間の抽出を試みた結果、構造設計初学者の設計知識と能力は短時間で向上し、本研究の目的を実現できた。

謝辞 本研究は熊本大学工学部環境システム工学科4年生山浦秀行君の協力によってなされた。さらに、九州工業大学情報工学部教授長澤勲先生ならびに同助手梅田政信先生から設計言語に関する有意義な情報を頂いた。ここに謝意を表します。

参考文献

[1] B. Kumar, Knowledge Processing for Structural Design, Topics in Engineering Vol.25, Computational Mechanics Publications, 1995

[2] 梅田政信, 長澤勲, 樋口達治, 永田良人, 設計計算のプログラム書法, 信学技報, A191-60, pp. 25-32, 1991年

[3] 長澤勲, 前田潤滋, 手越義昭, 牧野稔, 建築設計支援システムにおける小規模な組合せ選択問題のためのプログラミング手法, 日本建築学会構造系論文報告集, 第417号, pp. 157-166, 1990年11月

[4] 手越義昭, 長澤勲, 前田潤滋, 牧野稔, 建築物設計における小規模な組合せ選択問題の一解法 階段設計を例として, 日本建築学会計画系論文報告集, 第405号, pp. 157-165, 1989年11月

[5] 日本建築学会, 鋼構造設計規準, 1973年5月

[6] 小島崇司, 長澤勲, 樋口達治, 望月雅光, 梅田政信, 章志華, 機械系のばらつき設計を中心としたカメラの鏡枠ユニットの設計支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 38, No. 1, pp. 131-145, 1997年1月

[7] Specification for Design, Fabrication and Erectiton of Structural Steel for Building, AISC, 1966

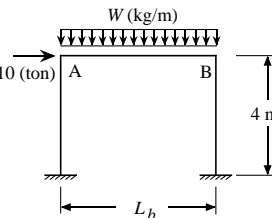


図7 設計骨組

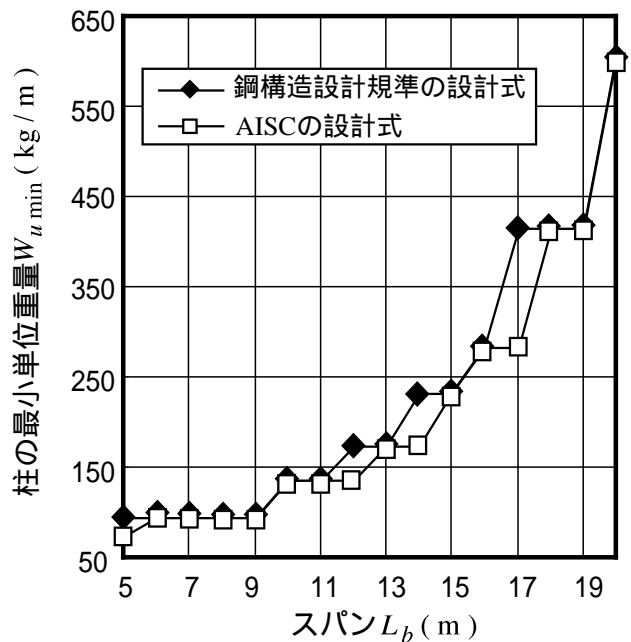


図10 設計式の比較