

航空機製造のための精密ファスナ検索支援システムの試作

窪田 雄一† 大塚 孝信††‡ 伊藤 孝行‡ 川口 将吾†
 †名古屋工業大学情報工学科 ††三菱重工業名古屋航空宇宙システム製作所
 ‡名古屋工業大学大学院産業戦略工学専攻

1 はじめに

近年、自動車業界の生産技術分野においては相互通信機能の付いたトルクレンチを用いて作業履歴管理や、使用工具や使用 BOLT の共通化を促進して作業者の負担を減少させコスト、品質を向上させるためのシステム構築が盛んである [1]。しかし航空機製造においては部品規模で自動車 1 台あたりの構成部品が約 3 万点に対し、平均的な民間航空機 1 機あたりの構成部品は約 300 万点と大きく異なり、製造面積規模でも数十倍の展開規模である (図 1)。



図 1: 航空機製造現場の広大な作業空間

構造同士の結合において自動車構造の大半が溶接により結合されるのに対し、航空機業界では部品同士を孔明けしてファスナと呼ばれる締結部品により結合する。航空機製造における精密ファスナとは、主構造部材間の荷重を伝達する重要な役割を持つ為、穴径や締付トルクを厳密に管理する必要がある。

既存のデータベースでは、閲覧できるデータはファスナ情報のみであり、穴径や工具といった重要な情報が個別に管理されている為非効率である。またファスナの締結時に必要とされるトルク値も手作業で割り出している状況であり、瞬時にデータを取得できるシステムが必要となる。

本研究では、複数の情報を効率よく一覧できるデータベースを設計/試作した。更に、ファスナ間で類似度を計算し代替ファスナを推薦するシステムを実装する

†Yuichi KUBOTA ††‡Takanobu OTSUKA ‡Takayuki ITO
 †Shogo KAWAGUCHI
 †Dept. of Computer Science, Nagoya Institute of Technology
 ††Nagoya Aerospace Systems Works, MITSUBISHI Heavy Industries
 ‡Master of Techno-Business Administration, Nagoya Institute of Technology

ことにより、設計部門においても代替ファスナ選定においての利便性を向上させた。本論文では本システムを運用することで、作業者のファスナ情報取得時間が大幅に削減され、製造コストの面でも一定の利益が得られることを示す。

2 精密ファスナの役割

航空機構造の結合には、リベットやボルトとナットのようなファスナを使った機械的な結合が主に用いられる。結合荷重密度が高いこと、ファスナ結合は信頼性が高いことがファスナ結合が用いられる理由である。航空機構造部材のファスナ結合には、ファスナせん断継手結合、せん断金具 (ラグ, Lug) を使った結合引張金具 (図 2) を使った結合がある。

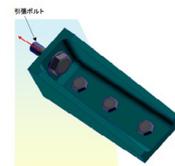


図 2: 結合引張金具による結合

3 精密ファスナ検索システム

3.1 トルク情報算出の流れ

本研究では、航空機製造過程で必要なトルク情報を瞬時に求めるための検索支援システムを試作した。本節ではトルク情報を取得するためのトルク値算出の流れについて述べる。作業者が必要とするトルク情報を瞬時に取得できるように最適化されている。トルク情報算出の流れを以下に示す。(図 3)

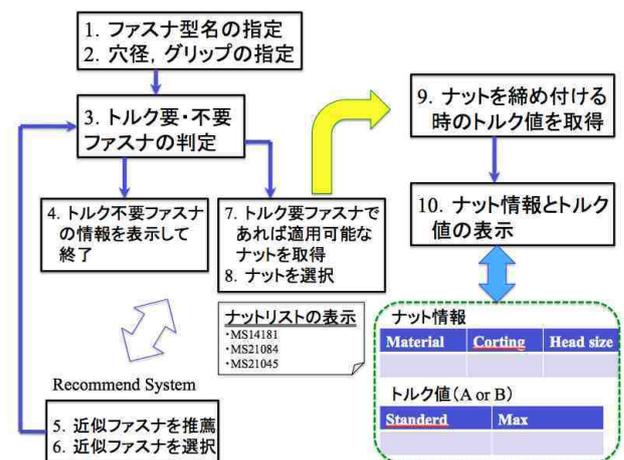


図 3: トルク値算出の流れ

ユーザが精密ファスナを指定してからトルク値を算出するまでの流れを説明する。

1. ファスナ型名の指定. 2. 穴径, グリップの指定. 3. トルク要・不要ファスナの判定. 4. トルク不要ファスナであれば情報を表示して終了. 5. 近似ファスナを推薦. 6. 近似ファスナを選択(型名から検索し, 3に遷移する). 7. トルク要ファスナであれば適用可能なナットを取得. 8. ナットを選択. 9. ナットを締め付ける時のトルク値を取得(呼び径記号-対比データベースでファスナとナットの組み合わせより算出). 10. ナット情報とトルク値の表示(選択したナット情報及び組み合わせより算出されるトルク値の表示).

3.2 インターフェースの工夫

現在提供されているシステムでは閲覧用 PC 端末を用いている。だが製造現場では揮発性の有機溶剤等が存在し端末が設置できない上、作業着を装着している等気軽に使用できないという問題点がある。本試作システムを使用するユーザは航空機製造現場にて働く作業者を対象としている為、以下に述べる要求事項を考慮しなければならない。1. キーボードやマウスなどの入力デバイスを必要としないこと。2. 手袋をした状態での操作を前提とすること。3. 表示される情報、文字組が極力大きく見やすいこと。そこで本研究では持ち運び可能な情報端末である iPad で動作するシステムを試作した(図4)。



図4: 検索画面

3.3 ファスナ推薦機構

本システムは、作業者が現在検索しているファスナに対して類似度の高いファスナを推薦する。しかし各

属性に与えられている値はそれぞれ尺度が異なるため、適切な入力データに加工する必要がある。本研究では精密ファスナ間の類似度を次の2段階に分けて求めることにより、現在検索しているファスナに対して関連性または類似性の高いファスナを推薦する。

1. ファスナの最大径・最小径からユークリッド距離(式(1))を計算して、閾値以上のファスナを取得する。

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{j=1}^d (x_j - y_j)^2} \quad (1)$$

2. ファスナのカウンターシンク・材質・ヘッドサイズ等のデータから特徴ベクトルを生成して Cosine 類似度求め、閾値以上のファスナを取得する(式(2))。

$$\text{Cosine}(X_n, Y_n) = \frac{X_n \cdot Y_n}{\|X_n\| \cdot \|Y_n\|} \quad (2)$$

4 評価と考察

本研究で構築した精密ファスナ検索システムの評価および考察を行う。ファスナ情報の取得時間を既存システムと比較検証することで、本システムの有用性を検証する。本稿では以下のように被験者実験を行った。

1. 精密ファスナとナットの組み合わせを設定。
2. ファスナ規格, トルク値, 工具等の情報を検索。
3. 取得時間(sec)を計測・比較。(表1)

表1: 実験結果

| ファスナとナットの組み合わせ | 本システム 所要時間 | 既存システム | | | |
|-------------------|---------------|--------|------|-----|-----|
| | | ファスナ規格 | トルク値 | 工具 | 合計 |
| MS14181 + MS14182 | 20 | 265 | 52 | 139 | 456 |
| NAS6603 + MS14181 | 21 | 235 | 54 | 175 | 464 |
| NAS6604 + MS21045 | 19 | 266 | 55 | 165 | 486 |
| NAS6605 + AN310 | 18 | 256 | 55 | 137 | 448 |
| NAS6606 + MS14182 | 24 | 273 | 45 | 150 | 468 |
| NAS6607 + MS21045 | 17 | 274 | 60 | 125 | 459 |
| NAS6608 + AN310 | 20 | 268 | 52 | 137 | 457 |

表1より、約10~20倍の取得時間の短縮が確認できた。これは本システムにおいて、ファスナ規格・工具類の情報を最適に求めて表示しているためだと考えられる。またトルク値の算出においても、インターフェースを最適化することで容易に求めることが可能になった。

5 まとめ

本システムを用いることにより既存システムと比較して大幅に閲覧効率を向上することができた。更に推薦システムを実装することで代替ファスナを探すときの補助としての有用性も高めた。

参考文献

[1] 藤本隆宏, “生産システムの進化論: トヨタ自動車にみる組織能力と創発プロセス”, 有斐閣, 1997.