

修繕・更新工事履歴の分析方法

—維持管理システム編—

○柴田 英昭*1 池上 宗樹*2

キーワード： FM LCC 企業経営 マイニング

◆分析方法の概要説明

工事分析は、施設を多数所有する自治体、大企業には必要なことである。膨大な修繕履歴を工事別に分類し費用用途を明確にしたり工事時期を推定したりするためである。本論は「修繕・更新工事の視覚化」を目的とした仕組みを検討した報告である。視覚化とは工事量、工事時期をグラフで説明することを言う。検討の手順は以下の通りである。

- ① 工事名称の一覧表を作成する。通常は工事の請求書の表題になるような文字列表記表。

表-1 会計システム等から取り出した工事名称一覧表

NO	口座名	工事項目	請求年月	金額
1	1000056	1階男女トイレ紙巻器取替修繕工事	2004/5/1	542,000
2	1000056	2階給湯室系統給水管断水修繕工事	2003/9/1	456,020
3	1000056	窓口事務室 パーテーションドア修繕工事	2005/3/1	36,200
4	1000056	空調機械室冷温水循環ポンプ修繕工事	2010/11/1	876,000
1022	1000056	2F男子トイレ漏水修繕工事	2007/6/1	245,000
1023	1000056	エレベーターセキュリティボックス修理工事	2008/12/1	20,500
1024	1000056	屋上変電設備接地抵抗改修工事	2002/1/1	687,050
1025	1000056	二階個人情報保管庫ドアノブ修繕工事	2004/7/1	920,000

- ② 工事名称のリスト表をテキスト分類（以下マイニング）により工事項目別に分別する。データの推移は会計ソフト→Excel→マイニング辞書→仕訳システム→仕訳台帳となる。
- ③ 本マイニングはマイニング辞書（表-2）により分類整理する仕組みを指す。

表-2 マイニング用辞書（形態素データ）

NO	部位・部品名称	大項目	中項目	小項目
1	田障	建築	外構	擁壁
2	異物	衛生	排水配管	排水配管；配管類
3	ウォシュレット	衛生	衛生器具	衛生器具；衛生陶器類
4	ウォーマテーブル	衛生	給排水機器	機器；厨房機器
5	ナースコール	電気	通信情報	構内情報通信網
6	盛付コンペヤー	衛生	給排水機器	機器；厨房機器
7	滅菌装置	衛生	給排水機器	機器；その他機器
8	物置	建築	外部	外部雑
9	間仕切	建築	内部仕上	可動間仕切
10	ホットワゴン	衛生	給排水機器	厨房機器
11	茹で麺機	衛生	給排水機器	厨房機器
301	ボイラー吹出し弁	衛生	給排水機器	給湯ボイラー
302	貯湯槽	衛生	給排水機器	タンク類
303	温度計	衛生	給排水機器	給湯ボイラー
304	取付座	衛生	給排水機器	給湯ボイラー

- ④ 辞書は数万項目の工事名称から採取した。

- ⑤ マイニング辞書で工事名称に含まれる建築用語を検索し、その建築用語が所属するグループへ工事名称を振り分ける。

表-3 工事種別に分類整理した表

NO	口座名	工事項目	請求年月	金額	大項目	中項目	小項目	
1	1000056	1階男女トイレ紙巻器取替修繕工事	May-04	542,000	衛生工事	衛生器具	器具その他	
2	1000056	2階給湯室系統給水管断水修繕工事	Sep-03	456,020	衛生工事	給水工事	配管工事	
3	1000056	窓口事務室パーテーションドア修繕工事	Mar-05	36,200	建築工事	内部仕上	可動間仕切	
4	1000056	空調機械室冷温水循環ポンプ修繕工事	Nov-10	876,000	空調工事	空調機器	ポンプ類	
		1000056	2F男子トイレ漏水修繕工事	Jun-07	245,000	衛生工事	給水工事	配管工事
54	1000056	エレベーターセキュリティボックス修理工事	Dec-08	20,500	搬送工事	昇降機	エレベータ	
55	1000056	屋上変電設備接地抵抗改修工事	Jan-02	687,050	電気工事	変電工事	接地その他	
56	1000056	二階個人情報保管庫ドアノブ修繕工事	Jul-04	920,000	建築工事	建具工事	建具金物	

- ⑥ 工事名称は表-5の項目名を付加され表-3になる。
- ⑦ 工事名称のマイニング終了後、工事名称は大項目別や中項目別にまとめられ、円グラフで表示される。
- ⑧ 円グラフは大項目の工事量を件数や金額で表わす。
- ⑨ 更に、大項目の一項目に対応した中項目を円グラフで表示し、工事量の多いものを特定したりする。
- ⑩ また、建築名称の一覧を項目別に統計分析し、各項目の特性を分析する。平均値 μ と標準偏差 σ を使って分布傾向を見る。例えば、建具工事の種類は標準偏差が小さく雨漏り補修が平均値の殆どである。
- ⑪ もし、竣工年数が分かれば、竣工年数と建築工事別相関関係を算定する。

本研究はある一定期間の工事分類を行い、予算の用途を明確にする仕組みである。一方、建物・施設は経年的に劣化する。劣化状況も規模、用途、築年数により変化する。工事の請求書などが保存されている場合、年度ごとにマイニングをし、工事別分類をする。工事分類をした分布を計算し、平均値 μ 、標準偏差 σ の推移を検討する。推移により、中期、長期の工事量を工事別に推測し、推測値の区間推定を行い、分布の検定を行う。工事の修繕周期、更新周期を収集する。この周期を使い、長中期修繕計画を計算し、中長期の予算計画を立てる検討材料にする。

本システムの特徴はマイニングを行い、統計処理を行い、マイニングの確立を検定し中長期の工事傾向を把握することに重点を置いた。マイニングの特徴は、語彙検索で分類できない項目が、多い時では30%ほど出てくる。例えば、2000項目ある工事名称一覧で、建築、電気、空調、衛生・・・に分類できる総数は1400項目程度の時もある。その際は、

項目ごとの平均出現率を計算し、残りの 600 項目も同じ平均値を持つとして分類を行う。

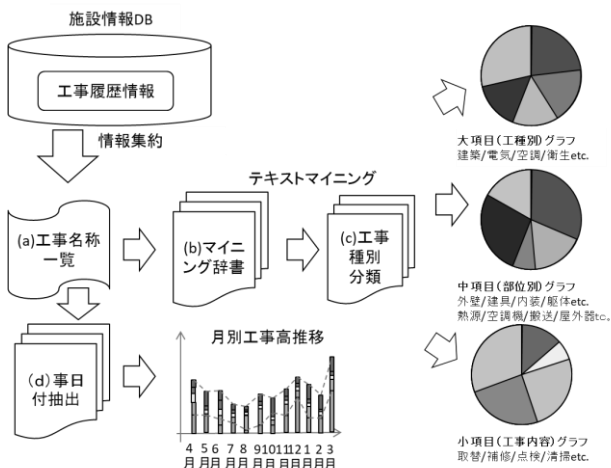


図-1 仕組みの流れの図示

図-1 はマイニングの流れを模式的に示した。工事名称一覧 (a) を Excel で作成し、工事名称一覧表をマイニング辞書 (b) で工事種別に分類 (c) する。また、(d) を工事名称一覧から日付別に分類し月別工事高を抽出する。

◆建築種別分類

建築の工種別に分類するにはマイニング辞書を作成する。マイニング辞書は建築工事名称から抽出した建築に関する単語を集めたものである。抽出に際しては形態素解析システム「JANOME」を活用した。JANOME で分解された形態素のうち、一般名詞、サ変名詞を使った。さらに、形態素から複合名詞に組み立て複合名詞の集合としてマイニング辞書を構築した。

構築されたマイニング辞書の単語は大項目、中項目、小項目の属性を付加し、定義された。表-4 である。大項目は表-5 に示す分類とした。中項目、小項目は BELCA (参考文献 1)、保全センターなどの長期修繕計画用データベースを参考にし、筆者たちが決定した。表-4 は抽出名詞から属性を付加した表。今回試行として抽出した単語数は 1500 個程度であった。

表-4 抽出単語と属性

抽出単語	大項目	中項目	小項目
冷却水ポンプ	空調	ポンプ	冷却水ポンプ
GHP空調機	空調	空調機	GHP
外壁	建築	外装	外壁
カーペット	建築	内装	カーペット
LED照明	電気	照明	LED

例えば、冷却水ポンプには大項目に空調工事、中項目にポンプ、小項目に冷却水ポンプという属性が付加される。工事名称で「〇〇支店 冷却水ポンプ取替工事」と言う工事名称があった場合、工事名称は空調工事に分類され、さらにポンプ工事、冷却水ポンプ工事に分類される。マイニング辞書は、このように工事名称から、工事種別に分類

する役割を担う。大項目、中項目の分類は表-5 のように区分けされる。

表-5 大項目の分類項目

大項目	建築工事	電気工事	空調工事	衛生工事	搬送工事
中項目	構造	受変電	熱源	水槽・タンク	エレベータ
	屋根	発電・電源	空調機	給水配管	エスカレータ
	外部	配線	ダクト・配管	下水排水配管	荷物用昇降機
	外部雑	照明・コンセント	換気・排気	衛生器具	駐車エレベータ
	外構	中央監視	屋外機	厨房器具	
	建具	通信・情報	自動制御	消火器	
	内部仕上	防災・センサー	ポンプ	スプリンクラー	
	内部雑	避雷屋外	缶製品類	消火設備	

抽出はマイニング辞書の単語と工事名称をマッチングする方法で行う。マッチングとは工事名称を構成している単語一つ一つとマイニング辞書の単語を突き合し同じ単語かどうか判定する。同じ単語の場合、マイニング辞書の単語が持つ属性へ工事名称が振り分けられることを言う。

◆マイニング辞書について

マイニング辞書は形態素解析ソフトを使い、一般名詞かサ変名詞を抽出する。単語は部位や部品別に仕分けられる。工事台帳に「玄関自動ドア取替工事」と記入されていれば、この工事は建築工事の建具工事の自動ドア工事と分類される。分類するために「自動ドア」は表-6 のように属性が付加される。形態素解析で形態素まで分解すると、複合単語は殆どなくなる。例えば、「空調機」は「空調」と「機」として分解し、どちらも一般名称に分類される。この場合は「空調」と「空調機」と2種類辞書に採用する。包括工事、「便所更新工事」などのような工事名称が複合した場合は詳細見積書から分類する。

表-6 マイニング用辞書の属性

単語	大項目	中項目	小項目	一般名称
自動ドア	建築主体	建具	自動ドア	自動ドア

◆分析について

大企業、自治体はたくさんの施設を保有している。施設の維持保全に関わる工事数は年間で数千件に上る。これらの工事について、どんな工事が多いかを指摘できる企業、自治体はあまり多くはないと思われる。通常、建物は築年数、規模によって修繕・更新工事発生の傾向が異なる。古い建物では建築工事のうち建具工事や漏水工事が頻発しやすい傾向である。規模の大きな建物では電気の球替え、空調機のフィルター替えなどが多い。維持管理担当者は経験と勘により、年間何件の工事があるか予想付くものである。しかし、施設管理の担当者は分かっている、経営者あるいは市民にわかりやすく説明する方法を用意している企業や自治体は少ないと思われる。

マイニングの目的は工事の種類に関する傾向と予測を把握するためである。そのために円グラフ表示や棒グラフ表示を使い、工事種類の傾向を視覚化する。大項目として分類された工事は建築、電気、空調、衛生、搬送の5種類として総工事に対する各工事割合を円グラフで示す。表示強度は工事数と工事金額で表す。我々が分析したある企業

のオフィスビルについて工事件数でみると建築工事 32%、電気工事 19%、空調工事 27%、衛生工事 13%その他が 9%という割合が得られた。金額でも同じような割合で算定された。建築工事 33%、電気工事 22%、空調工事 22%、衛生工事 16%などとなった。左の円グラフは件数ベース、右の円グラフは金額で表した。

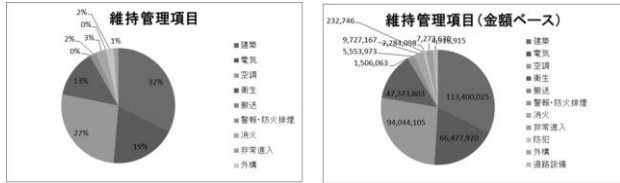


図-2 マイニングした結果の円グラフ表示

このグラフは大項目をグラフ化したもので、中項目をグラフにすると下記の図ようになる。図-3は建築、図-4は電気、図-5は空調、図-6は衛生をそれぞれ表す。円グラフは直観的にどんな種類の工事が多いかわかる。例えばこの例の建築では建具工事が圧倒的に多い。このグラフを見て、建具の日常点検により工事件数が減少するであろうと推測することも可能である。

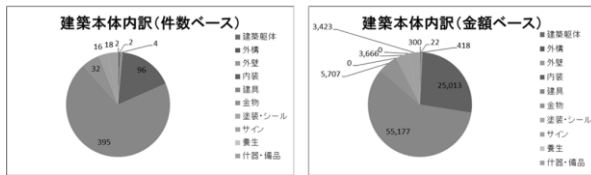


図-3 建築工事のグラフ

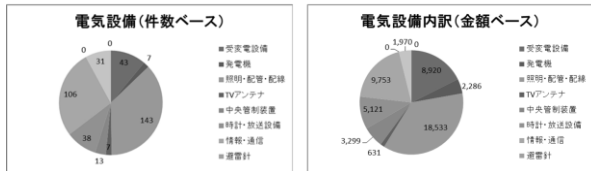


図-4 電気工事のグラフ

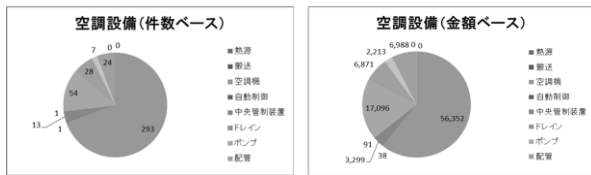


図-5 空調工事のグラフ

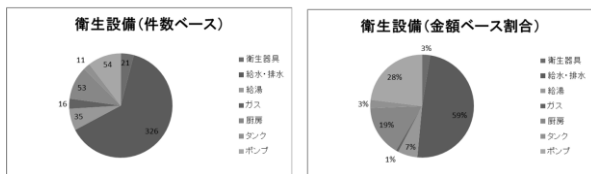


図-6 衛生工事のグラフ

工事名称は請求書から取り出した。請求書には実施日が記載されており、月別の工事別実施量をグラフ化できる。実施日グラフは折れ線グラフで表示し、季節や期による実施件数の変動、数量の緩急を表す。横軸は月、縦

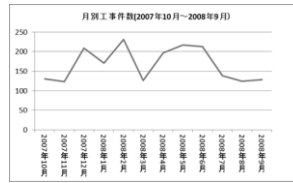


図-7 全体の工事量推移

軸は件数を表す。例えば、空調工事は中間期に行われるのが普通であるが、この企業では工事は夏期と冬期に多く実施されている。

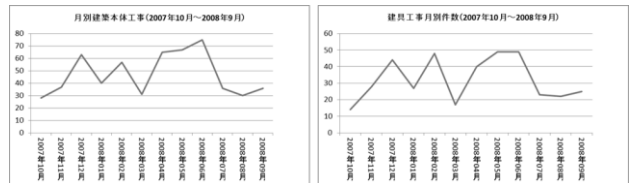


図-8 建築工事量推移

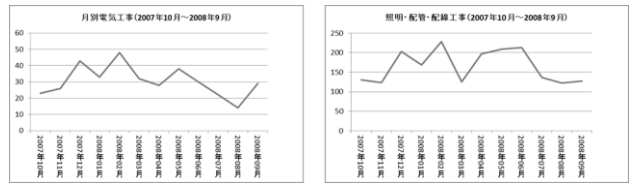


図-9 電気工事量推移

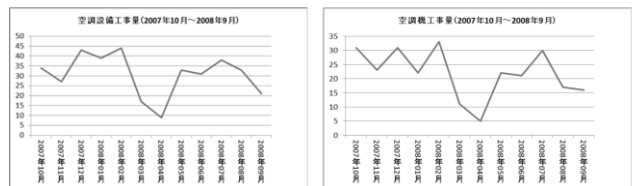


図-10 空調工事の推移

◆統計処理

工事名称一覧表を建築工事、電気工事など大項目 5 項目にソフトウェアで分類した。工事名称の分類は工事名称に含まれる単語とマイニング辞書のマッチングにより行う仕組みとした。本システムはマイニング辞書で抽出漏れが出る欠点がある。

表-6 マイニング判定表

工事ID	工事名称	分類
221	取壊事務室空調機修理工事	空調
223	一般棟2階窓クレーン交換工事	建築
224	一般棟2・3階トイレ修理工事	NA
225	一般棟1階自動扉改修工事	建築
226	ホールディングコート及び各所ドア修理工事	NA
227	一般棟M2階OALーム天井水漏れ修理工事	NA
228	一般棟東側冷凍庫チラー整備工事	空調
229	008支店2階給湯室流し台取替工事	衛生
230	008支店2階給湯室内装修繕工事	建築

例えば表-6の#224の工事名称では具体性が無い名称で、分類不可能である。#226では「ホールディングコート」という言葉が辞書に含まれていない。#227では「水漏れ」ということで空調工事が衛生工事が不明であり、いずれも分類不可能であった。分類不可工事名称にはNA(No Answer)と記入される。このようなマイニングミス

が多発すると判定の信憑性にかかわることになる。当該システムを開発した当初は、マイニング辞書の単語数が少なく、工事名称は2089項目中、1485項目しか分類されなかった。残りのNA付539項目集団（NAのほか空欄が63項目）でも同様に工事名称が分布しているかどうか検証する必要がある。その方法は、マイニングし分類された項目の度数分布表を作成し平均値と標準偏差を算定した。全サンプルを10項目ごとに階級値を設け、各階級に「対象工事（建築工事とか空調工事など）」が何個あるか度数を数えた。NAを除いた集団（サンプルAと呼ぶ）の中で「対象工事」の存在平均値 μA と標準偏差 σA を計算する。

表-7 10項目ごとに階級値を付けた表

NO	工事名称	中項目(工事)	10個	10個合計
1	男子更衣室ファンコイルユニット移設 営繕工事	空調	0	
2	2階事務室コンセント移設 営繕工事	コンセント	0	
3	冷温水発生機用冷却塔修繕工事	空調	0	
4	ポンプ類圧力計取替工事	ポンプ	0	
5	地下倉庫汚水管修繕工事	衛生	0	
6	ロビーガラスファルム剥がれ修繕工事	建築	1	
7	空調設備点検整備その他工事	空調	0	
8	貯湯式湯沸かし器撤去工事	衛生	0	
9	地下層NDR袋取替工事	NDR袋	0	
10	3階汚水管詰まり修繕その他工事	衛生	0	1
		衛生	0	
1477	冷温水ポンプ(No.2)修繕工事	ポンプ	0	
1478	冷温水ポンプ(No.3)フレキ取替工事	ポンプ	0	
1479	2階ロビー電動ブラインド修理工事	建築	1	
1480	B階男子トイレフラッシュ弁修理	建築	1	4
1481	中央監視装置UPS交換工事	建築	1	
1482	中央監視装置スポットメンテナンス	電気	0	
1483	チャイム取替工事	電気	0	
1484	冷温水ポンプ修繕工事	ポンプ	0	
1485	会社間区画に伴う電気設備工事	電気設備	0	

次に、NAだけの集団（サンプルB）の中で同様の項目の存在平均値 μB と標準偏差 σB を計算する。結果、 $\mu A = \mu B$ 、 $\sigma A = \sigma B$ なら、サンプルBの集団もサンプルAの集団と同様に「対象工事」が同じ状態で分布していると言える（中心極限定理）。試しに、2023件の工事名称一覧を母集団とし、その中から建築工事だけの存在を確認して計算を行った。この母集団にはNAが含まれるので、NAを除いた集団の平均値 μA と標準偏差 σA を計算した。その結果を示したのが表-5aである。表は相対度数で表し、見出しの「変量」とは工事項目の有無を表す指標、1は存在、0は他の項目であるとした。表-5bにNAだけの μB と σB の結果を表示した。

表-5a 「建築工事」項目の存在する μA と σA の計算結果

変量	観測値	相対頻度	平均値	分散	標準偏差
0	1109	0.746801	0	0.047877	
1	376	0.253199	0.253199	0.141212	
	1485	1	0.253199	0.189089	0.434844

表-5b NA集団で「建築工事」項目の存在算定結果

変量	観測値	相対頻度	平均値	分散	標準偏差
0	401	0.745353	0	0.048332	
1	137	0.254647	0.254647	0.141469	
	538	1	0.254647	0.189802	0.435663

NAの集団は目視で工種を判定した。 $\mu A \doteq \mu B$ 、 $\sigma A \doteq \sigma B$ なので、集団Aと集団Bは同じような項目分布と考えられる。母集団に含まれる全工事件数は μA を参考値として、

母集団に含まれる建築工事件数を算出すると、サンプル数量は2023なので、推定値は $2023 \times 0.253199 = 512.22$ となる。実際に目視で数えると、514になり誤差は1.18である。

◆マイニング精度

マイニングの精度はマイニング辞書の言葉定義と単語検索並びにマッチング機能の方法に起因する。マイニング辞書の属性に齟齬があれば、分類が不正確になる。また、部品や機器の詳細分類が粗雑だと正確に分類できない。例えば、ポンプという言葉は空調設備に使われるポンプでは冷水ポンプ、冷却水ポンプ、冷温水ポンプなどあり、衛生設備では雑排水ポンプ、揚水ポンプなど細かく定義しなければならない。この問題を避けるためには、マイニング辞書の言葉の定義を詳細に分類し整理しなければならない。多層ニューロンネットワークによる機械学習システムを使って分類することになる。

◆システムの発展性

本報告は工事名称の羅列からマイニングを行い、大まかに建築、電気、空調、衛生、搬送等に分類し工事傾向を把握する事であった。今後の方針は、正規表現を使った辞書、マルコフ連鎖を使った辞書も開発し、マイニング精度を上げるようにしなければならない。さらに、本論で使った辞書を教師データとした多層ニューロンネットワークの構築を検討する。

■まとめ

本手法は建築群の施設を修繕した履歴を大まかに分類する仕組みである。この結果は毎年、工事別集計表としてまとめ、経年的な工事別工事量の推移を表す。工事別推移から、中長期工事計画をする時の参考値になる。また、用途別工事量の把握、その推移も把握できる。テキストマイニングによる工事分析は工事の特性を明らかにし、FMサマリーに生かすことができる。FMサマリーは企業では資本の合理的用途の説明になり、自治体では税金の用途を明らかにする資料となる。

[参考文献]

- 1) 建築物のライフサイクルマネージメント用データ集 公益社団法人 ロングライフビル推進協会
- 2) 建築物のライフサイクルコスト 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 一般財団法人建築保全センター 編集・発行
- 3) IFRS対応 建物の耐用年数ハンドブック 公益社団法人 ロングライフビル推進協会

*1 株式会社 FM システム
*2 個人