

都市公園遊具における安全と長寿命の両立に資する維持管理手法の原型

A Prototypic Method to Realize both being Safety and Full-lifetime for Equipments under Town Playground

安野貴人*

Takato Yasuno

*博 (工) 株式会社ニュージェック, 技術開発グループ (〒135-0007 東京都江東区新大橋 1 丁目 12-13)

In recent years, the old city parks are increasing in number, and accident may occur from carelessness and the degradation of playground equipment. The manager of a city park is tackling check and repair in order to maintain the playground equipment installed throughout the city area, but he has the problem that the budget to maintain them is insufficient. In order to maintain the equipments safely on the basis of budget constraint, the policy which is compatible in accident prevention and long-life use is needed. The paper develops the prototype of the maintenance technique which can equalize the equipment's every year expenses under a safe level with a scenario of an accident prevention type. Actually, it applies to neighbor parks in a city, and check of the usefulness of this technique and it comments some implications of the long-life use policy.

Key Words: Playground Safety; Accident Prevention, Lifecycle Cost-Smoothing.

キーワード: 遊び場の安全, 事故予防, 費用平準化

1. 都市公園遊具の安全と予算の問題

1.1 公園遊具の物的ハザードと事故予防対策

国の遊具安全確保の指針では、子供の成長のため冒険や挑戦となる遊びの価値を尊重しながら、事故を回避できる危険性または子供が判断できる危険性（遊びのリスク）、事故につながる危険性や子供が判断できない危険性（遊びのハザード）に区分している。子供が危険性を見通して行う遊びは、リスクへの挑戦である。遊びの価値とは無関係に、事故発生の恐れがある危険性、子供が十分に危険を認識せずに行う遊びは、ハザードとなる。

遊具のハザードは、人的ハザードと物的ハザードに整理できる。人的ハザードとは、利用者の不適切な行動や衣服によるものである。例えば、悪ふざけ・突き飛ばす・動く遊具に近づく不適切な行動、使用制限された遊具の無理な利用、年齢・能力に適合しない背伸びした利用、紐つき衣服やマフラー・脱げやすい靴の着用、ランドセルや紐付ポーチなど身につけたまま利用等である。一方、物的ハザードとは、遊具の設計・施工・維持管理の不備による。例えば、遊具の設計・施工は、国の指針とも整合する遊具の安全基準 JPSA-S2008¹⁾ から、メーカーが中心に対処する問題である。維持管理の不備では、遊具の配置、隙間・突起の構造、接地面の凹凸、基礎の露出、腐食・摩耗・ネジ緩みの放置による不十分な維持管理等である。遊具設置後に、維持管理の段階で発生する物的ハザードは、都市公園の管理者が、直接、管理責任を問

われる問題となる。公園管理者は、多くの既設遊具の使用機会を安全に提供するために、維持管理上に顕在化する物的ハザードを早期発見し、それを排除することが重要な課題となる。本稿では、都市公園の長寿命化の観点から、維持管理上の物的ハザードに着目する。

平成 9 年、環境緑化新聞社と市民団体が 1,200 地方自治体に都市公園の運営管理に関する調査を行った（有効回答 499, 回収率 42%）。遊具の安全チェックリストを整備しているのは 4 割であった。このうち、安全点検基準を明文化した自治体はわずか 2% であった。遊具の事故防止対策の鍵を握るのは、遊具のメンテナンス（75%）、住民の理解・協力（40%）、安全基準（31%）、利用者の安全教育（11%）等となっていた。遊具の事故予防に資する維持管理行為の重要性が認識されている。

遊具の実際の耐用年数は一律ではない²⁾。遊具の材質、設置条件、水はけ、利用頻度、塗装・補修の履歴などにより、遊具の寿命は異なってくる。都市公園の台帳整備や定期点検によるデータの蓄積は進展し始めたばかりであり、遊具の物的ハザードの形状、遊具の寿命や信頼度に関して状態に即した知見が十分に得られていない状況にある。一方、遊具メーカーで構成される公園施設業協会は、遊具の安全基準を改定し、遊具の消耗部分の推奨交換年数¹⁾を、3~7 年としている。この状況で、公園施設の長寿命化を行うには、遊具の安全基準や推奨される安全側の標準使用期間をもとに、事故予防型の維持管理シナリオを導入することが求められている。

1.2 維持管理の予算不足と長寿命化

地方自治体への都市公園の運営管理に関する調査³⁾では、遊具の事故防止対策を困難にしている問題は、予算不足(60%)と人手不足(30%)をあげている。予算不足の状況で、多くの老朽化した既設遊具を一斉に更新することは困難である。遊具の状態を点検・監視し、利用者の安全に留意しながら、遊具の修繕や更新を計画的に行うことが求められている。例えば、木製のブランコの座板を止めるボルト部分が劣化する。鋼製部材で、塗装下から錆がふくれ上がり、内部まで腐食が進行し貫通する場合がある。木製部材の早期交換や鋼製部材の防食のためには、一定の修繕費用が必要となる。

通常、都市公園の使用は無料で、修繕予算は地方自治体の税収により賄われている。都市公園の維持管理に投入できる財源には一定の制約がある。この予算制約のもとで、各公園に設置された遊具を長寿命化し、計画的に修繕・更新するための中長期の予算計画策定が求められている。遊具の長寿命化とは、財政を圧迫しないように、管理費を平準化しながら、安全な水準のもとに使用期間を延命化させることである。このような遊具事故の予防と公園施設の長寿命化の両立を意図した維持管理手法に係る研究は筆者の知る限り見あたらない。

本稿では、都市公園遊具の物的ハザードに着目し、事故予防型の対策時期を設定し、各遊具のライフサイクル費用を年度別に集計し、将来の管理費を平準化した中長期の予算計画を策定する場面を想定する。そのもとで、安全な管理水準を保持するため、遊具の事故を予防するような修繕サイクルを導入するとともに、管理費も平準化できるような維持管理手法の原型を提案する。実際に、街区公園に応用し、今後の課題に言及する。

2. 都市公園遊具の維持管理手法

2.1 遊具の事故と安全な維持管理

(1) 主要な都市公園遊具と対象設定

都市公園の遊具は、全国 12.9 万カ所(平成 21 年 1 月、国土交通省都市地域整備局公園緑地・景観課)に設置されており、街区公園が約 8 割を占める。本稿では、都市公園のなかで多くを占める街区公園を対象とする。全国の調査結果、都市公園に約 43 万基の遊具が設置されている。このうち、設置後 20 年経過した遊具が 18 万基あり、全体の 4 割以上を占める。各公園に平均約 4 基の遊具が設置される。街区公園にある遊具上位 5 つは、多い順に、砂場、踏み板式ブランコ、すべり台、鉄棒、スプリング遊具となっている。都市公園に設置された遊具の数量が多く、かつ、単価が高額なものは、更新需要が集中する時期に、公園管理者の財政を圧迫することが懸念される。

平成 2 年、旧建設省は、30 日以上の治療を要する重傷事故は国に報告するよう公園管理者に通達した。平成 9 年に行われた都市公園の遊具による事故事例調査^{4) 5)}で

は、致死事故と加療 30 日以上を負傷事故 34 件が分析された。この重傷事故は、国内の都市公園数を母数とすると、年間 0.05%未満で発生している。事故の主な原因は、落下、遊戯スペースの管理不全、遊具の設計・構造となっている。遊具別に見ると、多い順に、アスレチック、すべり台、踏み板式・箱型ブランコ、複合遊具(ターザンロープ、吊り橋)となっている。平成 10 年から平成 16 年において、重傷事故は、4~14 件で推移している。重傷かつ国に報告された事故は若干減少したが、軽傷事故は公表されない水面下に潜在しており、遊具事故のリスクが完全に解消された訳ではない。本稿では、街区公園において多く設置される遊具で、なおかつ、遊具の事故が比較的起こりやすい遊具に着目する。具体的に、都市公園の代表的な 3 つの遊具として、踏み板式ブランコ、すべり台、アスレチック遊具を対象とすることとする。

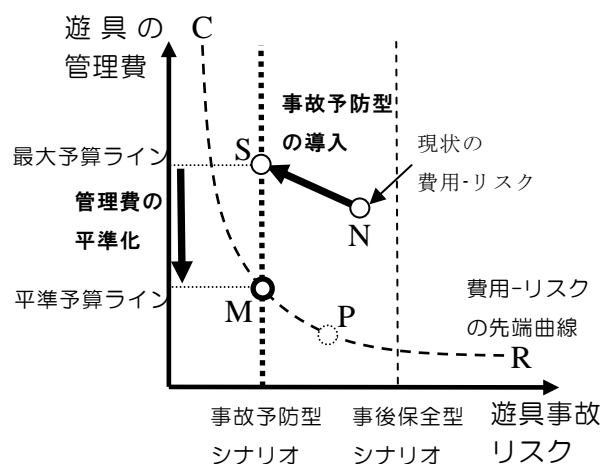


図-1 管理費の平準化とリスク軽減(概念図)

(2) 事故予防型シナリオと管理費の平準化

図-1 の概念図は、公園管理者が把握する対象施設全体の集計的な遊具の管理費と事故リスクの関係を示す。公園管理者は、費用とリスクをともに抑制した効率よい管理方策を求めていると考える。曲線 C-R は、費用-リスクの組み合わせによる実行可能な位置の中で最も効率的な位置(管理可能フロンティアと呼ぶ)にあると想定する。この曲線上に位置する管理手法は、ひとつの解決策となる。位置 N は、計画的な維持管理シナリオ導入前における現状の費用-リスクを表す。現状でも、すべての遊具で事後対応している訳でなく、幾らかリスクを抑制した管理が行われているとする。ここで、事故リスクを抑制するために事故予防型のシナリオを導入し、位置 S に移行すると、定期点検や予防的な修繕・更新により管理費が追加される。この時の管理費は事故予防型シナリオを用いた際の最大予算となる。事故予防型シナリオを遵守しながら、一定の安全水準の下で、遊具の管理費を抑制するため、各遊具の修繕・更新の対策時期を効率よく前倒し操作すると、曲線 C-R との交点における位置 M まで移行できると考えられる。このときの管理費は、事故予防型の安全水準のもとで平準化した年度予算となる。

本稿では、都市公園に設置されたすべての遊具において事故予防型の維持管理シナリオを導入し、安全な管理水準のもとで、財政を圧迫するピーク年度を緩和するように、各年度の公園管理費を平準化した維持管理計画を策定支援する手法を提案する。平準化のために、事故予防型に適用する安全な耐用年数から3年以内の前倒し操作を行う。前倒しの修繕・更新により、事故予防型のシナリオにおけるリスクよりもそれが増加することはない。このような事故予防型シナリオの導入と管理費の平準化操作により、現状の費用とリスクを抑制した位置 M における改善された遊具の維持管理手法を実現できると考える。ここで、平準化にあたり、安全確保のため、対策時期の3年以内の前倒し操作を行うので、当初より計画期間内にある公園の管理費総額は変化しない。ただし、計画期末から3年後までに対策を行う公園は、前倒しによって追加的に計画期間に入る場合があり、この部分が管理費総額の増分となる。なお、公園管理者の予算目標を超過する際には、さらに年度予算を切り詰め、一部の優先度の低い都市公園に事後保全型シナリオを導入し、許容範囲内のリスクを内包した維持管理手法（位置 P）を求めることが課題となる。このリスクを考慮した計画手法の開発に関しては今後の課題で言及する。

(3) 事故予防に資する維持管理シナリオの設定

都市公園の長寿命化では、1)予防保全型（目視可能、状態監視型）、2)予測保全型（状態監視が困難、時間計画）、3)事後保全型（継続監視、発見後に迅速対処）、4)その他（利用実態・情勢変化よりコンセプト見直し）の維持管理シナリオがあげられる。本稿では、予測保全型に準じて、事故予防に資する維持管理シナリオを設定する。具体的に、都市公園の代表的な3つの遊具として、踏み板式ブランコ、すべり台、アスレチック遊具に着目し、事故予防型の安全な維持管理シナリオを設定する。修繕・交換期、撤去・更新期の目安として、遊具メーカーで構成される（社）日本公園施設業協会による標準使用期間、大手遊具メーカーの参考耐用年数を参照した。もちろん、現場で実現する耐用年数は、臨海部等の地域性、採光・排水等の設置状況、日常・定期点検等の保守状況、利用頻度や故意破損等の使用状況により異なる。以下では、事故予防型の維持管理シナリオを導入し、遊具の安全基準から示された標準使用期間を設定する。このシナリオが遊具事故をゼロにすることを保証するものではないことに注意する。

図-2に、踏み板式ブランコの事故予防型の維持管理シナリオを示す。縦軸は遊具の管理水準である。横軸は、遊具の供用年数である。計画期間が30年間の場合、2サイクル使用できる。5年ごとの2回の部材の修繕・交換対策を経て、15年目に本体を更新するシナリオとなっている。アスレチック遊具の対策時期も、踏み板式ブランコと同様である。ただし、更新は本体（鋼支柱）、修繕は部材（ネット類、杉材）である。

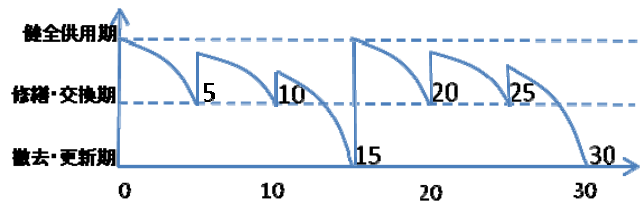


図-2 ブランコ（アスレチック遊具）の事故予防型シナリオ
補足）更新は本体（梁、脚管）、修繕は部材（吊り金具、座板）。

図-3に、すべり台の事故予防型の維持管理シナリオを示す。縦軸、横軸は同様である。30年間で、3サイクル使用できる。7年目の部材の修繕・交換対策を経て、10年目に本体を更新するシナリオとなっている。

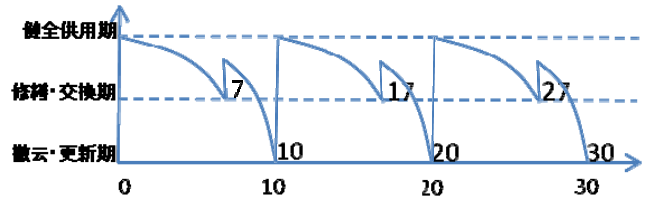


図-3 すべり台の事故予防型シナリオ

補足）更新は本体（柱、階段、踊場）、修繕は部材（滑り面）。

2.2 遊具の生涯管理費用の平準化

(1) 遊具の生涯費用の平準化問題

都市公園における遊具ユニットの集合を $k \in K$ 、計画期間に属する経過年数（年）の集合を $t \in T$ とする。都市公園の遊具を管理する管理者が、予算目標からの超過と余剰の総和を最小化するライフサイクル費用の平準化問題は、次のように定式化できる。

- 変数 $y_t^k \in R_+$, $k \in K$ (R_+ : 正の実数)
: 遊具ユニット $k \in K$ の修繕・更新のために、年次 $t \in T$ に発生する費用
- $p_t \in R_+$, $t \in T$
: 年次 $t \in T$ での予算目標からの超過額
- $q_t \in R_+$, $t \in T$
: 年次 $t \in T$ での予算目標からの余剰額
- 定数 b : 計画期間における各年度の予算目標
 C^p, C^q : 予算の超過・余剰ペナルティ重み
- 最小化 $C^p \cdot \sum_{t \in T} p_t + C^q \cdot \sum_{t \in T} q_t$ (1)
: 予算超過額, 余剰額の総和
- 制約条件

$$G^k(y_1^k, \dots, y_T^k) = 0, \quad k \in K \quad (2)$$

: 各遊具ユニット k が実行可能な対策時期の全探索において、前倒し許容年数3年以内の規則をみたすときにゼロの値をとる関数。

$$p_t \geq \sum_k y_t^k - b, \quad t \in T \quad (3)$$

: 年次総費用が一定値を超過しない

$$q_t \geq b - \sum_k y_t^k, \quad t \in T \quad (4)$$

: 年度予算の余剰が一定以内（余らない）

式(2)で、耐用年数 10~15 年の遊具において、平準化問題を解く際に、前倒し許容年数は、耐用年数の 2 割以内となる 3 年以内が実用的であると考えられる。これ以上拡張し、長くとりすぎると、対策の実施間隔が縮まりすぎて、無駄な費用投入となる。公園遊具の修繕計画では、前倒し 3 年以内の設定が、実用的な制約条件であると考えられる。

(2) 生涯費用の平準化解法

式(1)-式(4)で構成される各年度に修繕・更新費用を割り当てる原問題は、大規模な分散計画問題となるが、ラグランジュ緩和による解法を応用できる⁶⁻⁸⁾。原問題 P を緩和した最小化問題 P' を解いて、近似解の上界を取得する。一方、緩和問題の相対問題となる最大化問題 Q を解いて、近似解の下界を取得する。ここで、維持管理シナリオを満たす範囲内で、何年目にどれだけ管理費を投入するかを全探索する。改善した上界・下界の近似解の取得を繰り返し、原問題の最適解に近づける。

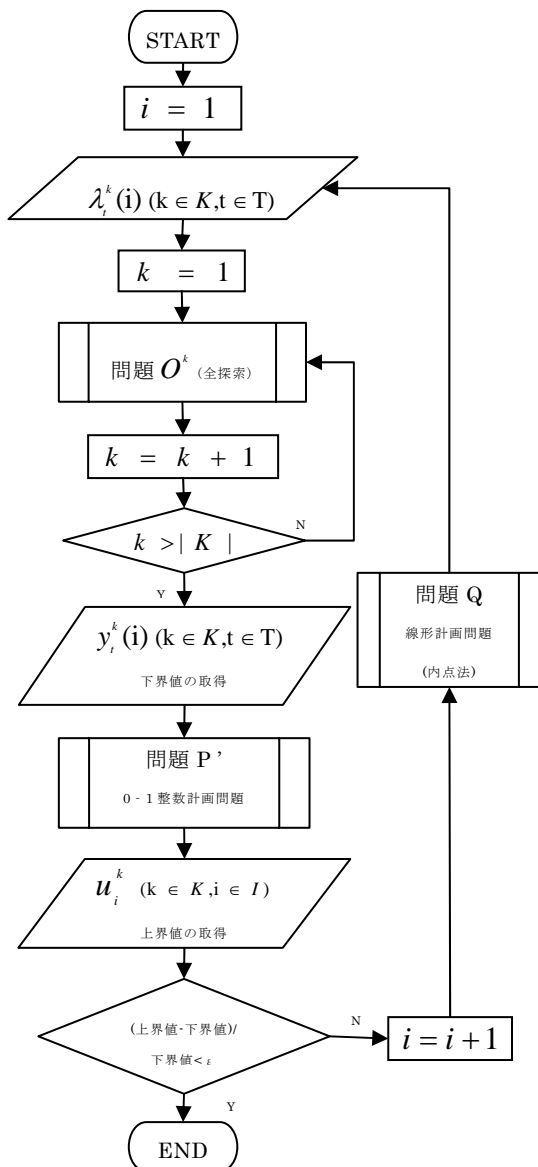


図-4 ラグランジュ緩和法の数値計算フロー

図-4 に、ラグランジュ緩和法による数値計算の流れを

示す^{9) -10)}。これは、各施設ユニット実行可能費用の全探索、ラグランジュ緩和した線形計画問題からの内点法による下界の取得、ラグランジュ双対問題からの 0-1 整数計画法による上界の取得という相互に連結した 3 つの探索部分で構成される。シナリオを適用した全探索における対策時期の前倒しの許容年数を 3 年以内とする。緩和問題の上界と相対問題の下界を改善するように、交互に繰り返し解を取得し、上界と下界の差が一定の幅まで小さくなるのが収束の目安となる。

(3) 修繕対策の時期と費用の集中リスクと管理指標

本手法では、事故予防型の修繕年数を設定し、遊具事故のリスクは(ゼロでないものの)小さい条件となっている。平準化手法は、前倒し操作を行うので、事故予防型におけるリスクよりも増加することはない。前倒しによる平準化の利点は、更新時期の集中を分散するとともに、更新直前に警戒すべきリスクの重複も分散できる点にある。本稿では、あるピーク年度に、更新時期が集中し、財政を圧迫し、予算不足や対策遅延が遊具事故を誘発する恐れがある場合に、修繕対策の時期と費用の双方が集中するリスクを改善する計画手法を提案している。

公園管理者は、今後のライフサイクル費用の推移図を見れば、対策時期の集中を容易に把握できる。一方、修繕対策の費用がある年度に集中し、どの程度財政を圧迫するかを認識するには、年度予算の集中リスクを表す指標が必要となる。年度予算の集中リスク指標を定式化する。累積分布値 α (頻度 $1/(1-\alpha)$ 年に 1 回) の対策費の集中指標 $BaR(\alpha)$ (Budget at Risk) を、次式で表す。

$$BaR(\alpha) = B^{-1}(\alpha) = \inf\{c : B(c) \geq \alpha\} \quad (5)$$

ここに、 $B(c)$: 対策費用の分布関数、 $B^{-1}(\alpha)$: 頻度 $1/(1-\alpha)$ 年に 1 回発生する対策費の分位値を表す。 $\inf\{c : g(c)\}$: 条件 $g(c)$ を満たす対策費 c の下界値を表す。たとえば、 $\alpha = 0.8$ の場合、集中指標 $BaR(0.8)$ は 5 年に 1 回の頻度で集中しうる対策費を表す。とくに、 $\alpha = 0.5$ の場合は、指標 $B^{-1}(0.5)$ は 2 年に 1 回の頻繁に発生する対策費の中央値 (Budget median) を表す。これは、頻繁に調達が必要な年度予算の目安となるので、対策費の調達指標 Bmd として定義する。

$$Bmd = B^{-1}(0.5) = \inf\{c : B(c) \geq 0.5\} \quad (6)$$

平準化の前後において、対策費の調達指標と集中指標の相対比率を表す調達対集中比 BR を次式で定義できる。

$$BR = (BaR^1 - BaR^0) / (Bmd^1 - Bmd^0) \quad (7)$$

ここに、対策費の集中指標と調達指標における上付添字 0 は現状推移 (平準化前) を表し、上付添字 1 は平準化後の計画指標を表す。調達対集中比 (7) により、対策費の追加調達による費用集中リスクの緩和効果を確認できる。

3. 応用結果

3.1 対象とする都市公園遊具と条件設定

国内の30万人規模の地方自治体が管理する205の街区公園を対象とする。計画開始年次を2010年とし、今後25年間の管理費を算定する。この時点の平均経過年数は23.7年である。図-5に、各街区公園の供用開始年次を示す。遊具事故の発生が目立ってくる20年経過した(1989年以前に供用開始の)街区公園が130と、全体の6割以上を占める。各公園に設置される遊具の数量は、計424である。遊具の内訳は、踏み板式ブランコ179、すべり台156、アスレチック遊具89である。

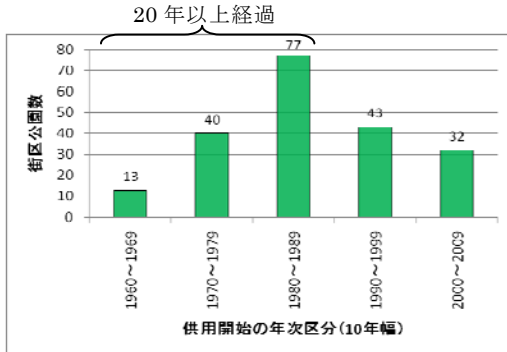


図-5 対象の街区公園の供用開始年次

データ制約上、各公園における遊具の規格は同質とし、ブランコは大型2人用で安全柵を含み、すべり台は中型とし、アスレチック遊具は、ネットクライムで鋼支柱とする。各遊具の条件と修繕、更新の単価は、公園遊具のカタログ¹⁾を参考に、表-1に従い設定する。

表-1 遊具の条件設定と修繕・更新の単価設定(千円)

遊具条件	修繕・更新の対象	単価
踏み板式 ブランコ	吊り金具, 座板の部材修繕	105
	梁, 脚管, 柵の本体更新	310
すべり台	滑り面部材の修繕・交換	115
	柱, 階段, 踊場の本体更新	285
アスレチック 遊具	ネット類, 杉枠材部材の修繕	145
	鋼支柱本体の更新	290

各街区公園すべてに、事故予防型シナリオを導入する。ただし、すでに経過年数が事故予防型シナリオの更新時期を超過する場合、安全面から老朽化遊具の早期更新が必要となる。この場合、計画開始から5~7年以内に老朽化遊具を更新すると仮定する。老朽化遊具の更新周期として1~5年、1~7年の乱数を与えれば老朽対策を組み込んだ計算が可能となる。

3.2 手法の応用結果

(1) 事故予防型のシナリオ導入結果

図-6に、事故予防型シナリオを導入した管理費の推移を示し、遊具別の内訳を表示する。2,000万円を超過する年度が、1,3,21,22年に生じている。この4カ年に、公

園管理者の突出した財源の調達が必要で、財政を圧迫するため、管理費の平準化が課題となる。初期の3カ年に、アスレチック遊具の修繕・更新費が集中している。11,12,21,22年の4カ年に、すべり台の対策費が相対的に多くなっている。初期7年間、16~22年の2つの期間に、踏み板式ブランコの対策費が集中している。

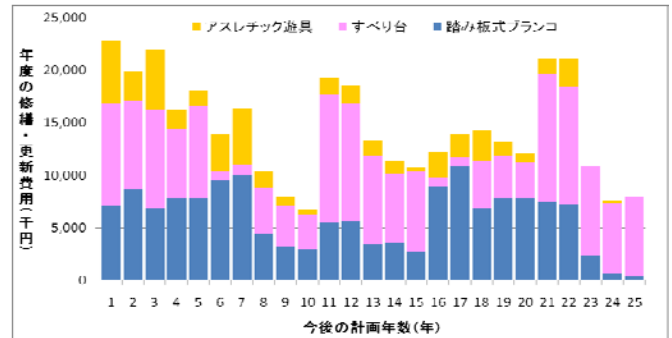


図-6 事故予防シナリオ導入した管理費推移(遊具)

(2) 生涯費用の平準化結果

公園管理費平準化のため、目標とする年度予算を1,500万円と設定し、ラグランジュ緩和法を用い、平準化の数値計算を行った。図-7に、前倒し平準化した管理費の推移を遊具別に内訳表示する。初期の5年間は、20~29年経過の老朽化した遊具の修繕・更新需要が集中し、この問題を解消しきれず、予算の超過が大きく残っている。一方、6年目から25年目まで、目標とした予算以内に管理費を平準化できている。対象公園では、初期5年間に重点対策期を設けて、6年目以降は年度予算1,500万円以内で修繕・更新費を賄えることが明らかとなった。図-6の初期(平準化前)と比較すると、すべり台の各年度に発生する修繕・更新費が相対的に圧縮されており、老朽遊具の更新時期の集中リスクも分散された。アスレチック遊具は、平準化後も初期の3年間に修繕・更新が集中し、その老朽解消策を早期実施すべき課題に変わりはない。踏み板式ブランコは、6年目と19年目に修繕・更新が集中し、老朽遊具の更新直前のリスクが集中するため、事前の点検により遊具の監視を強化することが課題と考える。なお、平準化後における各公園・各遊具の修繕・更新費(単位:千円)が何年目に発生するかを整理したコストテーブルを作成可能である。これは、25年間の長期見通しのもとで、公園遊具の修繕・更新事業の予算計画を立案する際の基礎資料として活用できる。

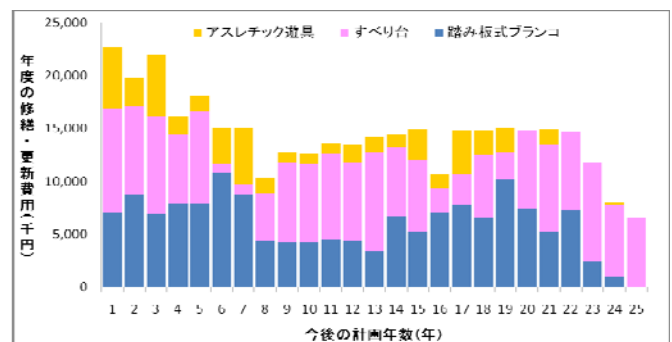


図-7 事故予防型で平準化した管理費推移(遊具)

(3) 修繕費の集中リスク指標

図-8に、年度費用の水準と累積分布を示す。累積分布値0.7を超えると、年度費用の水準は初期の方が大きく、3年に1回以上の頻度で相対的に財政を圧迫する。

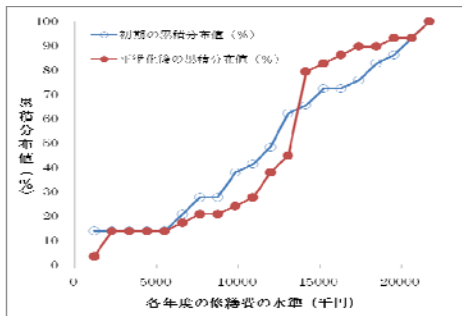


図-8 各年度の修繕費の水準と累積分布

表-3に、年度予算の調達指標と集中指標を示す。2年に1回頻繁に調達を要する年度予算の調達指標は、平準化後に1081千円増加している。一方、5年に1回の頻度で集中しうる年度予算の集中指標は3,244千円縮減（調達対集中比BR=3倍）できている。10年に1回の頻度では、集中指標は1,081千円縮減（調達対集中比BR=1倍）となっている。平準化による対策費の追加調達は、10年に1回の費用集中のリスク緩和効果に相当する。

表-3 年度修繕費の調達指標と集中指標

(単位：千円)	対策費の調達指標(中央値)	対策費の集中指標(5年1回)	対策費の集中指標(10年1回)
初期	13,059	18,465	20,627
平準化後	14,140	15,221	19,546
増減変化	1,081	-3,244	-1,081

4. おわりに

4.1 まとめ

本稿では、都市公園の主要な遊具に着目し、事故予防型の維持管理シナリオのもとで安全な管理水準を保持しながら、年度予算目標からの超過と余剰を最小化し、各年度の修繕費を平準化する維持管理手法の原型を開発してきたと考える。計画期間における遊具の修繕費を年度別に集計し、更新需要が集中するピーク期を考察し、3年以内の前倒しを許容する対策時期の組み合わせの中で、実行可能な平準化計画の立案を支援できる。実際に、国内の街区公園を対象に応用し、平準化手法の有用性を確認し、公園施設の修繕費に関して対策時期と費用の双方が集中するリスクを緩和する方策の効果に言及した。各公園・各遊具の対策時期と費用を示したコストテーブルは、短期の修繕・更新事業計画の立案に、予算要求資料として活用できると考える。提案した対策費用の調達指

標と集中指標は、更新期に備えた予算目標の設定と財政圧迫に備えた修繕引当金の設定に寄与できると考える。

4.2 今後の開発課題

本稿では主要な遊具を対象としたが、この他、修景施設や照明設備も課題となる。今後、管理者の置かれた多様な条件を設定し、平準化の実例を豊富に蓄積し、汎用性を高めることが課題となる。本稿では、予測保全(時間計画)型に準じた事故予防型の維持管理シナリオを導入したが、点検データを蓄積した状況では、予防保全型や事後保全型を含めた維持管理シナリオの設定が課題となる。とくに、予算を切り詰めて長寿命化を促す際、一部の施設に予防保全・事後保全型シナリオを割り当て、遊具の状態と使用環境を考慮した信頼度分析を行い、信頼度を維持する修繕年数の予測が課題となる。この修繕年数直前に事故リスクが顕在化すると考えられる。遊具事故の発生確率と影響度をリスク・プロファイルし、それらを警戒した修繕計画の策定手法が求められる。本稿で提案した手法が、都市公園の長寿命化における安全管理と財源調達の一助となれば幸いである。

謝辞：平準化手法は、NEWJEC 平成 21 年度社内研究に寄る。実装で、(株)数理システムの田辺隆人博士、岩永二郎氏より技術協力頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本公園施設業協会，遊具の安全に関する基準，JPFA-S2008，2008.
- 2) たとえば，日都産業(株)，<http://www.nitto-sg.co.jp> 遊具の耐用年数，影響する要因，参考耐用年数.
- 3) 国土交通省，都市公園の遊戯施設の安全管理に関する調査について，2001.
- 4) 建設省公園緑地課，新しいニーズに対応する公園緑化施設の検討調査報告書，pp7-14，1999.
- 5) 山本恵梨・松野敬子，遊具事故防止マニュアル，かもがわ出版，2006.
- 6) J. ホロムコビッチ：計算困難問題に対するアルゴリズム理論，シュプリンガーJPN，2005.
- 7) 田辺隆人，原田耕平，島田直樹，大規模離散計画問題へのラグランジュ緩和の応用，RAMP シンポジウム，2008.
- 8) Nonobe,K. and Ibaraki,T. : An improved tabu search method for the weighted constraint satisfaction problem, INFOR, Vol.39, pp.131-151, 2001.
- 9) (株)数理システム：土木構造物 LCC 最適化モジュール構築，平成 21 年 NEWJEC 社内研究，2009.3.
- 10) たとえば，(株)三英，<http://www.nitto-sg.co.jp> 公園遊具・修景施設カタログ，2008.
- 11) 安野貴人：土木の長期修繕費の平準化をめざした対策時期の割当て問題、数理システムユーザー会議 2009. (2009年8月7日受付)