

幼児が公園遊具から転落した時の衝撃緩和に関する研究
2018 年度研究報告

2019 年 3 月 31 日

早稲田大学人間科学学術院准教授

加藤麻樹

概 要

遊具からの落下事故について JPFA-SP-S:2014 では地面で安全性確保のための基準が設けられている。一方で公園遊具周辺の地面材質は地域や条件により異なる場合が多い。そこで本研究では異なる条件に対する共通の評価を構築し、遊具設置条件の比較評価を可能にすることを目的とする。関東地区、関西地区の公園内の遊具周辺の地面に対し、ASTM1292 に準拠する測定機器を用いて転落時の頭部衝撃を計測した。測定の結果、落下高さ 600mm の安全性について概ねの妥当性が示された。当該基準に沿った計測により、関東地区のダスト舗装と関西地区の真砂土の間では差が認められた。また真砂土が主たる地面条件であっても、使用頻度が高い箇所、芝生の箇所などの条件で差があることが明らかになった。今後、地域および諸条件の範囲を拡大したビッグデータ収集と解析が課題となる。

1. はじめに

国土交通省による「都市公園における遊具の安全確保に関する指針」¹⁾が示す安全要求水準を実装するために、日本公園施設業協会が定める「遊具の安全に関する規準 JPFA-SP-S:2014」²⁾では国内で製造される公園遊具の安全基準を厳格に定めている。例えば遊具からの転落事故を防止する基準として転落危険箇所の高さに応じて可動範囲を制限する構造が設けられている。しかし遊具を利用する子どもの遊び方は設計者の意図と異なる場合があり、事故の危険が生じるため、公園遊具周辺の地面には衝撃を吸収する機能が求められる。

地面の材質は公園が位置する地域特性により異なり、主に関東で設置される公園で多く用いられるダスト舗装と、関西で設置される公園で多く用いられる真砂土舗装とが挙げられる。また公園遊具周囲の地面にゴムチップを敷設することによって衝撃を緩和する措置が取られる場合や、景観整備と衝撃緩和の両方を目的として芝生が敷設される場合がある。ただし、いずれの場合も設置からの経年変化により衝撃緩和機能が低下し、転落時の衝撃が期待されるほど緩和されない場合がある。

転落事故による衝撃のうち、頭部に対する衝撃は致命的な事故につながる場合がある。そこで特に転落時の頭部への衝撃を諸条件ごとに評価する必要がある。評価指標として、米国試験材料協会 ASTM が定める幼児の転落事故時の衝撃評価方法 ASTM1292³⁾に致命傷に至る基準値として Gmax と Head Injury Criterion(以下 HIC)とが定義されている。この基準では Gmax が衝撃発生時の瞬間的な加速度が 200G に達した場合、または HIC が 1000 に達した場合は致命傷に至るとされている。

ASTM1292 による評価は標準的な方法として用いられているため、上記の通り条件が異なる箇所に対する同一の測定手法による評価として適合性が高い。本研究では ASTM1292 に準拠した計測方法と JPFA が定める落下高さ条件を用いて地面の衝撃緩和機能に対する評価を実施する。

2. 目的

JPFA-SP-S:2014 において公園遊具のうち落下高さ 600mm 以下の落下高さにはガードレールなどの構造設置義務がないのは、一定の安全性が期待されることを示している。しかしながら周辺の地面条件は地域による違いがあるとともに、地域内においても構造として違いがあることがわかっている。そこで本研究では異なる条件に対する衝撃吸収機能について 600mm の高さから転落による頭部への衝撃評価を比較する。また落下防止策の設置が必要となる 1000mm および幼児の落下高さ限界である 2000mm からの落下を対象に衝撃評価を行う。本研究は異なる条件間の比較を可能にする測定方法の構築と、公園施設敷設にかかる地面条件間の定量的な比較結果を研究成果として抽出することを目的とする。

3. 方法

3.1. ASTM1292 準拠評価手法

ASTM1292 で用いられる幼児の頭部を模したシャトルに組み込まれた 6 軸の加速度・回転速度センサーによる測定装置を用いて衝撃値の測定を行う⁴⁾。ASTM1292 で用いられる評価方法は実験的に緻密な統制が取られているため、既存の公園施設周辺で測定するのは困難である。本研究の目的は共通する評価方法により異なる条件における落下時の衝撃を比較することにあるため、JPFA で検討された簡素な測定方法を用いる⁵⁾。

3.2. 測定箇所

1) 関東地区①・早稲田大学フロンティアリサーチセンター

主に関東ローム層上に形成された芝生と土で構成される地面環境として、埼玉県所沢市堀之内 135 早稲田大学フロンティアリサーチセンター周辺を取り上げて測定を行った。

2) 関東地区②・堅川河川敷公園

主に関東ローム層上でダスト舗装された公園の地面として、東京都江東区□□ 6-33-10 堅川河川敷公園の公園遊具近辺と周辺の地面を対象として測定を行った。

3) 関西地区①・生田川公園

主に赤黄色土の土壤上に真砂土舗装された公園の地面として、兵庫県神戸市中央区熊内町 6-5 生田川公園の遊具近辺と周辺の地面を対象として測定を行った。設置年月は 2006 年 2 月である。

4) 関西地区②・吉田町中公園

主に主に赤黄色土の土壤上に真砂土舗装された公園の地面のうち設置後の経年が短い場所として、兵庫県神戸市吉田町 2-33-8 吉田町中公園の遊具近辺と周辺の地面を対象として測定を行った。設置年月は 2018 年 3 月である。

3.3. 記録方法

落下における諸条件を記録するために、JPFA による簡素化された測定方法において用いた書式に準拠し、付録 1 に示すような形式の記録用紙を構築した。表 1 に高さ以外の記録項目を示す。

表 1 記録における記録項目

測定日時	前日の天気／気温
公園名／住所	前々日の天気／気温
点検者名／連絡先	表面の土／舗装施工日
公園設立日	土地・土壤
遊具設置日	測定箇所

4. 結果

4.1. 測定結果

表2に関東地区2箇所で測定した結果を示す。なお表2以降,各測定においてGmaxが200G, HICが1000を超過した場合は致命度を越えるため,それ以上の高さからの落下実験は省略した。図1,図2は各測定地点を示す写真である。

表2 関東地域における公園内の衝撃測定評価値

		東①芝生	東②入口付近	東②遊具周辺	東②ゴム舗装
600mm	Gmax	129	259	228	115.5
	HIC	412.5	1079	966	362
1000mm	Gmax	141.5	-	-	173.5
	HIC	573.5	-	-	880.5
2000mm	Gmax	215	-	-	-*
	HIC	1545.5	-	-	-*

*1000mmの時点で2000mmの測定を不要と判断したため省略



図1 関東地区①芝生



図2 関東地区②の公園の入口付近, 遊具周辺, ゴム舗装

表 3 に関西地区②で測定した結果を示す。図 3～6 は各測定地点を示す写真である。

表 3 関西地区①における公園内の衝撃測定評価値

		西①遊具周辺	西①遊具近接	西①遊具側面	西①ゴム舗装
600mm	Gmax	241.5	186	198	118.5
	HIC	1004.5	702	757.5	377.5
1000mm	Gmax	-	245.5	218.5	164
	HIC	-	1422	941.5	877
2000mm	Gmax	-	-	-	290*
	HIC	-	-	-	2302*

* 天候不良により計測結果は一部のみ掲載



図 3 関西地区①遊具周辺



図 5 関西地区①遊具側面



図 4 関西地区①遊具近接



図 6 関西地区①ゴム舗装

表 4 に関西地区②で測定した結果を示す。また図 7～10 は各測定地点を示す写真である。

表 4 関西地区②における公園内の衝撃測定評価値

		西②雲梯	西②ボルダ	西②芝生	西②ブランコ
600mm	Gmax	135.5	177	128	208
	HIC	429	570.5	375.5	870
1000mm	Gmax	175.5	208	174	-
	HIC	750	870	746.5	-
2000mm	Gmax	228.5	-	237.5	-
	HIC	1492.5	-	1605.5	-



図 7 関西地区②雲梯下



図 9 関西地区②芝生



図 8 関西地区②ボルダリング下



図 10 関西地区②ブランコ

5. 考察

5.1. 記録について

表1で示した落下時の衝撃に影響を及ぼすと考えられる項目について、いずれも転落時の衝撃の要因となりうる項目であり、落下時の衝撃について厳密な比較をする場合は、外的要因の記録として統一性を持たせる必要がある。

ASTM1292の評価方法には高い信頼性と妥当性が認められる一方、既存の公園の評価に適用するには過度に厳密な要件が要求されることから実現が難しい場合が多い。そこで本研究では比較検討を目的とする本研究の実現可能性を重視し、簡易測定機と簡素化された測定手順に沿って相対的な記録を取る方法をとっている。ただ、衝撃に対して影響が大きい項目を高い精度で抽出するには、本研究で測定した件数は過少なため統計処理は用いていない。外的要因の定量的評価と比較には、今後統計処理に耐える十分な数の測定値を得る必要がある。

5.2. 基準値 600mm の妥当性について

比較条件としている 600mm の高さからの落下時の衝撃について、遊具設置箇所のうちブランコ下以外では Gmax および HIC が基準値に収まっているため、ガードレール設置の必要性はないとする 600mm 高さは概ね妥当性が示されたと言える。ブランコ下は後述のとおり利用方法の影響が大きく、衝撃緩和機能を維持するためには継続的なメンテナンスが必要であることが示唆された。一方で遊具が設置されていない箇所は 600mm の高さからの落下で基準値を上回るが、転落が発生することはないため事故の危険性は低い。

本研究で測定対象とした落下高さは 600mm, 1000mm, 2000mm の 3 種類であるが、Gmax と HIC が基準値を上回った時点で計測を終了するため、閾値となる高さとは不明である。そこでまず高さによる衝撃の変動の詳細な分析を行うためには高さの設定を細分化する必要がある。次に 600mm 高さからの落下による衝撃測定で得られた測定値から、その落下箇所の閾値を推定する方法を構築することで測定箇所の安全性を定量的に示す資料を構築することができると思われる。

5.3. 遊具の利用方法との関連性について

関東地区②の入口付近、遊具周辺、関西地区①の遊具周辺、関西地区②のブランコ下の 4 つの条件で 1000mm について基準値を上回った理由の一つとして経年による硬化が考えられる。ただ同じ公園内の舗装であっても測定箇所による差があるため、利用者が利用する機会が多いために踏み固められたことが理由の一つとして考えられる。とくに関東地区②の公園設置は 2012 年 12 月 (6 年経過)、関西地区①の公園設置は 2006 年 2 月 (12 年経過) であるのに対して、関西地区②の公園設置は 2018 年 3 月であり、測定した 12 月までに 9 ヶ月しか経過していないが、測定値は関西地区②のブランコ下の地面の方が衝撃が大きい。

関西地区②内の真砂土舗装の箇所に対する測定結果を比較すると、ブランコ下よりもポ

ルダリング下が、さらに雲梯下の地面において衝撃吸収性能が高いことから、遊具を利用する子どもの動作と衝撃吸収性能とが関連性をもつことが想起される。例えば雲梯下の様子を示す図 11 とブランコ下の様子を示す図 12 とを比較すると、ブランコ下の地面は舗装面が削られていることがわかる。測定時は極端に削られた場所は避けていることから、目視で確認が困難であっても敷設当初の吸収性能は保たれていない。今後、ブランコを使用する子どもの動作を分析するとともに、動作を考慮した設置と継続的なメンテナンスが必要と考えられる。



図 11 関西地区②雲梯下の地面

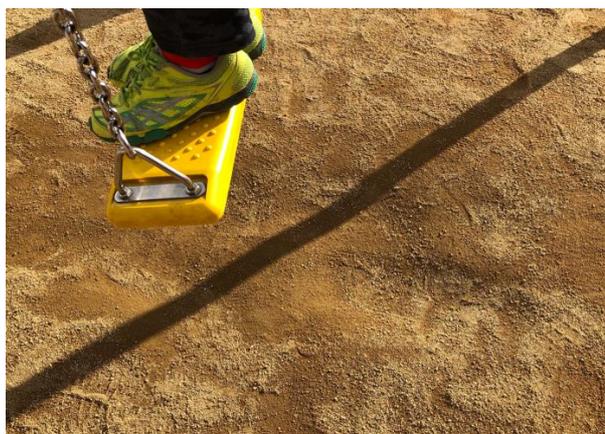


図 12 関西地区②ブランコ下の地面

5.4. 落下地点の材質について

関東地区①芝生，関東地区②ゴム舗装，関西地区①ゴム舗装，関西地区②芝生について，1000mm までは基準内の値が測定されており，ダスト舗装や真砂土舗装だけの場合と比較すると衝撃吸収効果が高く，文献でも示される通り落下地点の変形性があることで衝撃が吸収されることを示していると言える⁶⁾。ただ高さ 2000mm からの落下では基準値を上回る値が示されるため，1000～2000mm の範囲の中で基準値に到達する高さがあることが推察される。JPFA-SP-S:2014 では 700mm 以上の落下防止柵の設置が義務付けられる高さであるが，いわゆる人的リスクへのチャレンジ発生により事故が発生する場合がある。上記の通り閾値に到達する高さを推定する方法の構築が必要と考えられる。



6. まとめ

600mm を基準の高さとした場合，異なる条件の地面に転落した際の衝撃測定値の比較についてその妥当性が概ね認められた．関東地区に多いダスト舗装と関西地区に多い真砂土舗装とを，敷設後の理想的な状態で比較すると真砂土舗装の方が衝撃吸収性能がよいと考えられる．一方で利用者による地面に対する継続的な踏み固めや削りが認められる場合は吸収性能が低下することが明らかになった．また公園の一部で設けられている遊具周辺のゴム舗装や芝生は衝撃吸収性能が高いが，芝生の状態や経年により性能は低下する．

今後 600mm 高さの標準的な評価から転落時の衝撃を推定するための課題として，標準的な測定方法を用いた計測データの全国的な収集とビッグデータ分析を行うことで，公園内の測定箇所の事故発生リスクを定量的に示すことができるとともに，衝撃吸収に影響を及ぼす要因の定量的評価を行うことが期待される．

謝辞

本研究は日本公園施設業協会 (JPFA) より 2018 年度受託研究として早稲田大学人間科学学術院生活人間工学研究室（代表，加藤麻樹准教授）において実施された．実験にあたっては角南勇二氏（JPFA 専務理事），丸山智正氏（JPFA 規準委員長），濱田健一郎氏（JPFA 企画委員長）より多大な協力を得た．記して謝する．

参考文献

- 1) 国土交通省，2014，都市公園における遊具の安全確保に関する指針
- 2) 日本公園施設業協会，2014，遊具の安全に関する規準 JPFA-SP-S:2014
- 3) ASTM, F1292-17a Standard Specification for Impact Attenuation of Surfacing Materials Within the Use Zone of Playground Equipment, 2017
- 4) 小坂橋竜雄，他，2006，簡易型落下衝撃吸収性能評価装置の開発，長野県工技センター研報，1，M41-46
- 5) Maki KATO, Yoshie SHIMODAIRA, Takeshi SATO, and Hiromi IIDA, 2014, Simplification and Transformation of ASTM F1292 Measurement Procedure for Fall Accident Injury Criteria, Industrial Health, 52, 407-413
- 6) 加藤麻樹，下平佳江，飯田弘己，2013，遊具からの転落事故における砂材を用いた頭部損傷リスクの軽減，人間生活工学，14(1)，45-50

付録1 落下衝撃値測定結果記録票

落下衝撃値測定結果

No.		試験日時		年 月 日		～:		
公園名			点検者名					
			連絡先					
所在地 (住所)			当日の天気		晴・曇・雨・雪	当日気温	℃	
			表面温度		℃	湿度	%	
公園設立日	年	月	日	前日の天気		晴・曇・雨・雪	前日気温	℃
遊具設立日	年	月	日	前々日の天気		晴・曇・雨・雪	前々日気温	℃
表面の土	構成	ダスト舗装・真砂土舗装・芝生・その他()		土壌土壌	関東ローム層・褐色森林土・グレイ土・その他()			
	舗装施工日	年	月					日
測定箇所		公園地面・ジャングルジム地面・鉄棒下・滑り台下 その他()						
遊具高さ		高さ		cm×縦	cm×横	cm		
測定	測定値				測定データ番号	備考		
	測定基準	G-max(G)	HIC	高さcm				
1	チェック パッド 60cm							
2								
3								
平均								2～3の平均
4	60cm							
5								
6								
平均								5～6の平均
7	100cm							
8								
9								
平均								8～9の平均
10	200cm							
11								
12								
平均								11～12の平均
備考								

測定値記録用紙 (表)

落下衝撃値測定結果

測定箇所
※公園内の遊具の設置箇所を地図上に明記 ※公園地図は別紙も可
測定箇所写真
※遊具と表面の土が写るように撮影 ※添付の場合は裏面にホチキス止めのこと

測定値記録用紙（裏）