

2. コンテナターミナルエリア規模推計モデルに関する既往の文献、基準等の分析

2.1 既往の文献、研究の整理

コンテナターミナルエリア規模推計モデルに関する既往の文献、基準等を出来る限り収集して、年代順に以下に整理する(表-1)。なお、ここでは「コンテナターミナル」に関して記述がなされているものを選択している。

これらにおいて、コンテナターミナル規模推計に関する主要部分を以下に整理する。

2.2 既往の文献、基準等におけるコンテナターミナル規模推計に関する主要内容

(1) 1968 (S43) 年 長尾義三「港湾工学」p.261～p.265

「8.4 雑貨ふ頭, B.コンテナターミナル」においてコンテナターミナルの考え方およびアメリカでの実績数値が著され、次のような記述がなされている。

「国際的に最も多く用いられている規格 8'×8'×20'を1,000個積むコンテナ船をウィクリーサービスさせると1バース当たり 83,000m²のターミナルを必要とするといわれている。」

(2) 1971 (S46) 年 奥山育英, 中井典倫子, 久保重美 港湾技術研究所報告 第10巻 第3号「コンテナ埠頭の規模および荷役方式に関する考察」

この論文においては、まず貯留コンテナ数を決定する要因を考察している。その結果、その要因として、コンテナ船の運航特性、取り扱いコンテナ数、揚げ積みの方法およびコンテナターミナルの搬出入特性を挙げている。次に、これらの要因から貯留コンテナ数が求められるシ

ミュレーションプログラムを作成し、数ケースについて計算を実施している。さらに、コンテナターミナル内の荷役機器の特性と能力を観測データから求め、各荷役機器の能力と台数を与えたときの稼働状況や有休状況を待ち合わせ理論に基づいて計算し、図として整理している。ここでのシミュレーションのフローチャートを図-1に示す。

(3) 1972 (S47) 年 阪神外貿埠頭公団「コンテナ埠頭のレイアウトおよび規模に関する調査報告書」

阪神外貿埠頭公団では、体系的なコンテナ埠頭の計画、建設のため、1970～1971(昭和45～46)年度の2年間にわたり、京都大学長尾義三教授の指導のもとに調査を実施した。ここでは、コンテナ埠頭の輸送動態を調査・解析し、多重リンク系シミュレーションによるコンテナフレートステーション、コンテナヤードの規模決定のためのモデル構築および規模解析を実施している。多重リンク系の輸送活動を報告書の中で次のように説明している。「生産および消費活動の中間に位置し、それらを連結するコンテナ輸送のような輸送活動は、原理的には複数のリンクおよびノードから構成された多重リンク系として把握できる場合が多い。各リンクにおける輸送活動は、リンク上を運行する輸送機関の数量、容量、速度並びにそれらのバラツキにより影響されるが、リンクの両端にあるノードの数量、規模、ノード間距離並びに隣接するリンクのそれらの固有値によっても影響を受ける。」

この多重リンク系のイメージとして図-2が示されている。

ここで、解析結果の一例として年間取扱量とコンテナヤードの最適規模との関係を図-3に示す。図中における

表-1 既往の文献、基準等

年次	著者等	著作名
1)	1968 (S43) 長尾義三	港湾工学 ¹⁾
2)	1971 (S46) 奥山育英 他	コンテナ埠頭の規模および荷役方式に関する考察 ²⁾
3)	1972 (S47) 阪神外貿埠頭公団	コンテナ埠頭のレイアウトおよび規模に関する調査報告書 ³⁾
4)	1972 (S47) 京浜外貿埠頭公団	コンテナ埠頭の計画 ⁴⁾
5)	1974 (S47) 来栖義明	港工学 ⁵⁾
6)	1974 (S49) 京浜外貿埠頭公団	コンテナターミナルの計画と建設 ⁶⁾
7)	1976 (S51) 京浜外貿埠頭公団	コンテナターミナルの計画と管理 ⁷⁾
8)	1979 (S54) 港湾協会	港湾の施設の技術上の基準 ⁸⁾
9)	1979 (S54) 井上春夫, 泉信也, 石渡友夫	港湾計画概論 ⁹⁾
10)	1981 (S56) 藤野慎吾, 川崎芳一	港湾計画 ¹⁰⁾
11)	1982 (S57) 日本海上コンテナ協会	国際コンテナ実務要覧 ¹¹⁾
12)	1986 (S61) 長尾義三	港湾工学概論 ¹²⁾
13)	1989 (H01) 港湾協会	港湾の施設の技術上の基準 ¹³⁾
14)	1993 (H05) 港湾局/OCDI	コンテナターミナル施設計画報告書 ¹⁴⁾
15)	1998 (H10) 合田良実	海岸・港湾(二訂版) ¹⁵⁾
16)	1999 (H11) 港湾協会	港湾の施設の技術上の基準 ¹⁶⁾

s5=500~2000 は対象コンテナ船のコンテナ積載可能個数を示し、例えば s5=500 は 500TEU クラスのコンテナ船を意味する。

(4) 京浜外貿埠頭公団による成果

a) 1972 (S47) 年「コンテナ埠頭の計画」

「コンテナ埠頭の計画」において既にコンテナターミナル施設の基準として、表-2 が示されている。ただし、ここでは根拠が示されていない。

b) 1974 (S49) 年「コンテナターミナルの計画と建設」

「コンテナターミナルの計画と建設」は、1967 (S42) 年に公団が設立されて以来、蓄積されてきた資料を計画部が中心となって整理したものとなっている。ここでも、表-2 が示されているものの、その根拠は示されていない。しかし、施設規模、配線計画等を前提にして取り扱い能力をシミュレーションするモデルが示されており、次の記述がなされている。

「・・・さまざまなケースの中でマーシャリング機能だけに限定して利用した場合、現存のコンテナ埠頭面積において取扱限界は、250m バースで 75 万トン/年、300m バースで 100 万トン/年と言えよう。・・・」

また、「・・・さまざまな条件を踏まえ、250m バースで 45 万トン/年、300m バースで 60 万トン/年程度が採算を維持し得る下限の年間取扱量ではなからうかと考えている。」

これらから、表-2 に示すバースの取扱量として、250m バースで 45~75 万トン/年、300m バースで 60~100 万トン/年程度を想定していたと考えられる。ここで、1TEU あたり 10~15 トンとして換算すると 250m バースで 3~7.5 万 TEU/年、300m バースで 4~10 万 TEU/年程度となる。

c) 1976 (S51) 年「コンテナターミナルの計画と管理」

「コンテナターミナルの計画と管理」は次のように位置づけられている。

「・・・このような困難な時に高度成長から安定成長へのソフトランディングという方向付けに経済学者も政策担当者も決定的な有効打を探しあぐねている。わが国の海運界も未曾有の不況に突入し、外貿埠頭公団としても創立以来の試練期を迎えている。この時機にあたり、問題の解決に全力を投入し、公団の将来計画を確立することが、われわれに課せられた使命であると考え。以上を基礎として本書をまとめている。・・・」

ここでの「II コンテナターミナルの計画」において、

同じく表-2 が示されている。さらに、取扱能力を検討方法としてのフローチャートを図-4 に示す。また、今後の必要バースを検討するためのバース取扱能力として、250m バースで 80 万トン/年、300m バースで 100 万トン/年としている。先と同様の原単位により TEU 換算すると、250m バースで 5.3~8 万 TEU/年、300m バースで 6.7~10 万 TEU/年となる。

なお、外貿埠頭公団は 1981 (S56) 年に解散している。

(5) 1974 (S47) 年 来栖義明 「港工学」 p.24~p.72

「1.3 コンテナ埠頭 1.3.2 コンテナ埠頭計画」において、コンテナ埠頭の役割、整備、計画のための基本条件、規模とレイアウトの決定、施設の整備、運営が著され、次に「1.3.3 コンテナ埠頭の計画例」が挙げられている。ここでは、コンテナ埠頭の施設の標準として、表-2 が引用されており、また、ニューヨーク港、横浜港、神戸港、東京港等で整備されたコンテナ埠頭の施設配置図、施設規模が示されている。各港の事例のうち、シヤーン方式の計画例としてのニューヨーク港エリザベス・マリナーターミナルの計画平面図を図-5 に示す。

(6) 1979 (S54) 年 井上春男、泉信也、石渡友夫編著

「港湾計画概論」 p.227~p.272

「3.4 埠頭計画 3.4.3 コンテナ埠頭」において、コンテナターミナル、コンテナターミナルの荷役、施設の計画、コンテナ埠頭の標準規模と取扱能力等が著されている。「施設の計画」において示されているマーシャリングヤードの規模決定のフローチャートを図-6 に示す。また、「コンテナ埠頭の標準規模と取扱能力」においては、表-2 が標準規模として示されており、取扱能力として次の記述がなされている。

「・・・これらコンテナ埠頭の取扱能力は、積荷の状況（例えば往復船のコンテナの実入り状況）により異なるが、わが国の例では 50 万トンから 80 万トン程度の場合が最も経済的なオペレーションが行われているといわれている。」

これを先と同様の原単位により TEU 換算すると、3.4~8 万 TEU/年となる。

(7) 1981 (S56) 年 藤野慎吾、川崎芳一 「港湾計画」

p.172~p.180

「5 章 埠頭計画 5.3 コンテナ埠頭計画」においてコンテナ埠頭、コンテナ埠頭の施設と荷役方式、計画例が著されている。「コンテナ埠頭の施設と荷役方式」のコンテナヤードにおいて、外貿コンテナ埠頭の施設の標準とし

て表-2 が示されており、コンテナヤードに関して次の記述がなされている。

「・・・コンテナ船の到着間隔、コンテナヤード内の滞留状況、ヤードの荷役方式等を考慮して、その面積を定める必要がある。」

(8) 1986 (S61) 年 長尾義三監修 港湾工学概論
p.109～p.126

「8.ターミナル計画 8.2 コンテナターミナル」において、コンテナターミナルの施設、立地条件、施設規模の決定方法等が著されている。「コンテナターミナルの施設規模の決定方法」では、第1に長尾が阪神外貿埠頭公園を指導して実施した多重リンクモデルが示されている。第2に、多重モデルにおけるパラメータを既知として、ある一定値を与えることにより手計算でヤード面積を決定する簡便法を示している。ここでの、ヤード決定要因は、対象コンテナの積載量、取扱量、一般貨物と冷凍コンテナの比率、それぞれの実入率、コンテナのヤード滞留率およびコンテナの段数積である。簡便法による250mバースのマーシャリングヤード面積の計算例を図-7に示す。

(9) 1998 (H10) 年 海岸・港湾(二訂版) p.231～232

「9.4 埠頭および埠頭施設 9.4.3 コンテナ埠頭」において、次の記述がなされている。「コンテナターミナルは、バース長以上の奥行きのある長方形の用地を占有する。バース水深15.5mの最大規模の埠頭であれば、水際線延長350m、奥行440～500mの広さを確保する。その大半はコンテナを仮置きするためのコンテナヤードとして使われる。」

(10) 1982 (S57) 年 日本海上コンテナ協会 国際コンテナ実務要覧 p.127～p.187

「5章コンテナターミナル 5-1 コンテナターミナルの意義と現状」において、日本および世界の主要コンテナターミナルの規模が紹介されているものの施設規模としてはバース長のみでヤード規模は示されていない。なお、本文中では日本のコンテナヤードの大きさとして東京港大井バースにおける、250mバースでの75000m²、300mバースでの105000m²を紹介している。また、日本のコンテナターミナルの規模紹介では標準取扱屯数として100～150万トンの値が示されている。これを先と同様の原単位によりTEU換算すると、6.7～15万TEU/年となる。

(11) 1993 (H05) 年 港湾局/OCDI コンテナターミナル施設計画報告書

「3章コンテナ施設計画手法 3-2 コンテナターミナルの施設計画手法」において、岸壁諸元、エプロン幅、コンテナヤード、コンテナフレートステーション決定/設定方法がマニュアル的に示されている。例えば、コンテナ・ヤードの規模については次のように記述されている。「コンテナ・ヤードの規模の算定は次の手順で行う。」

- ①ピーク時のヤード内コンテナ滞留個数の算定
- ②荷役システムの設定
- ③積み段数の設定
- ④グランドスロット数の設定
- ⑤リーファーヤードの検討
- ⑥空コンテナ・ヤードの検討
- ⑦施設配置計画の作成

また、それぞれに簡便法に算定式および注意要項等が記述されている。例えば、①ピーク時のヤード内コンテナ滞留個数の算定式として次の式が示されている。

「ピーク時のヤード内コンテナ滞留個数 ML は次式の簡便法により算定できる。

$$ML = (My/Dy) \times Dt \times P$$

ここで My : 年間取扱い量 (TEU/年)

Dy : 年間作業日数 (日/年)

Dt : 当該ヤード内の平均蔵置日数

P : ピーク率

(12) 港湾の施設の技術上の基準

- ①1967 (S42) 年 港湾構造物設計基準
- ②1979 (S54) 年 港湾の施設の技術上の基準
- ③1989 (H01) 年 港湾の施設の技術上の基準
- ④1999 (H11) 年 港湾の施設の技術上の基準

いわゆる「技術基準」において、コンテナターミナルが取り上げられているのは1979 (S54) 年の「港湾の施設の技術上の基準」からであり、それ以前の1967 (S42) 年の「港湾構造物設計基準」では、コンテナに関しての記述はなされていない。最新の1999 (H11) 年の「港湾の施設の技術上の基準」では、「第10編専門ふ頭 第1章コンテナふ頭」において、設計の基本方針、係留施設的设计、陸上施設的设计が示されている。設計の基本方針においてコンテナふ頭の規模と施設配置の具体的な検討に際して取り上げる事項として次の項目が示されている。

- (a) 計画取扱貨物量
- (b) 貨物特性 (輸出入率, トランジット率等)
- (c) コンテナ船の配船間隔と船型
- (d) ターミナルの管理・運営方式

- (e) 岸壁・ヤードにおける荷役方式
- (f) 利用可能な土地面積と形状
- (g) 直背後地区における保管施設の状況
- (h) 背後圏への輸送方式と道路などの交通事情
- (i) 周辺の土地利用状況、船舶航行状況
- (j) 近年のコンテナふ頭の状況

また、「1.3 陸上施設の設計」では、エプロン、コンテナクレーン、コンテナヤード、コンテナプレートステーション、メンテナンスショップ、管理棟、ゲート、その他の付属設備について記述されている。ここで、バース長とバース水深に関しては表-3 が示されている。また、コンテナヤードに関しては計画に際しての配慮事項が記述されているものの、コンテナの間隔以外には定量的には示されていない。

2.3 既往の文献、基準等に対する評価

本研究の目的である港湾計画の策定段階でのコンテナターミナルのエリア規模を具体的に推計する観点から、既往の文献、基準等を再整理すると、以下の手法と課題が挙げられる。なお、港湾計画の策定段階で与えられる主要な前提条件として以下の3項目を考える。

- ① 計画取扱量 (TEU 単位)
- ② 対象航路
- ③ 計画対象最大コンテナ船

第1の手法として、表-2 に示した京浜外貿埠頭公団が示した施設の標準とその取扱能力から算定することが挙げられる。すなわち、計画取扱量を計画担当者が設定した取扱能力で割ることで必要バースが設定されると考えられる。しかしながら、表-2 は 1970 年代前半 (昭和 40

年代) の値であり、例えばバース水深は 12m となっているなどから 15m のバース水深が出現している現状において適用はできない。さらに、取扱能力については既往の成果から原単位として設定する以外に、図-4 で示されているように「最適取扱いコンテナ個数」をシミュレーションすることが考えられるが、ここではエリア規模の前提となるスロット数が説明変数となっている。すなわち、エリア面積からシミュレーションで取扱能力を決定するには、先にエリア規模の基本となるグランドスロット数が確定していなければならないという矛盾が生じる。

第2の手法として、1986 (S61) の「港湾工学概論」の簡便法の適用が考えられる。しかしながら、計算に必要なパラメータが詳細に設定されていない。

第3の手法として、計画対象最大コンテナ船から 1999 (H11) の「港湾の施設の技術上の基準」を用いてバース長、バース水深を求め、1993 (H05) の「コンテナターミナル施設計画報告書」を用いてターミナルエリアの必要規模を求めることが考えられる。しかしながら、仮にグランドスロット数が設定されたとしてもマーシャリングエリア面積の算定が出来ない。また、マーシャリングエリア以外のコンテナヤード面積に関しても、個別施設の規模はある程度与えられているものの全体面積の算定はできない。

この結果、現状では港湾計画の策定段階において、最近の動向に基づいたコンテナターミナルの規模を具体的に推計する手法が確立されていないことが明らかになる。

このため、港湾計画策定段階で得られる条件に基づくコンテナターミナルの規模推計モデルを構築することが必要である。

表-2 京浜外貿埠頭公団によるコンテナターミナル施設の標準⁴⁾

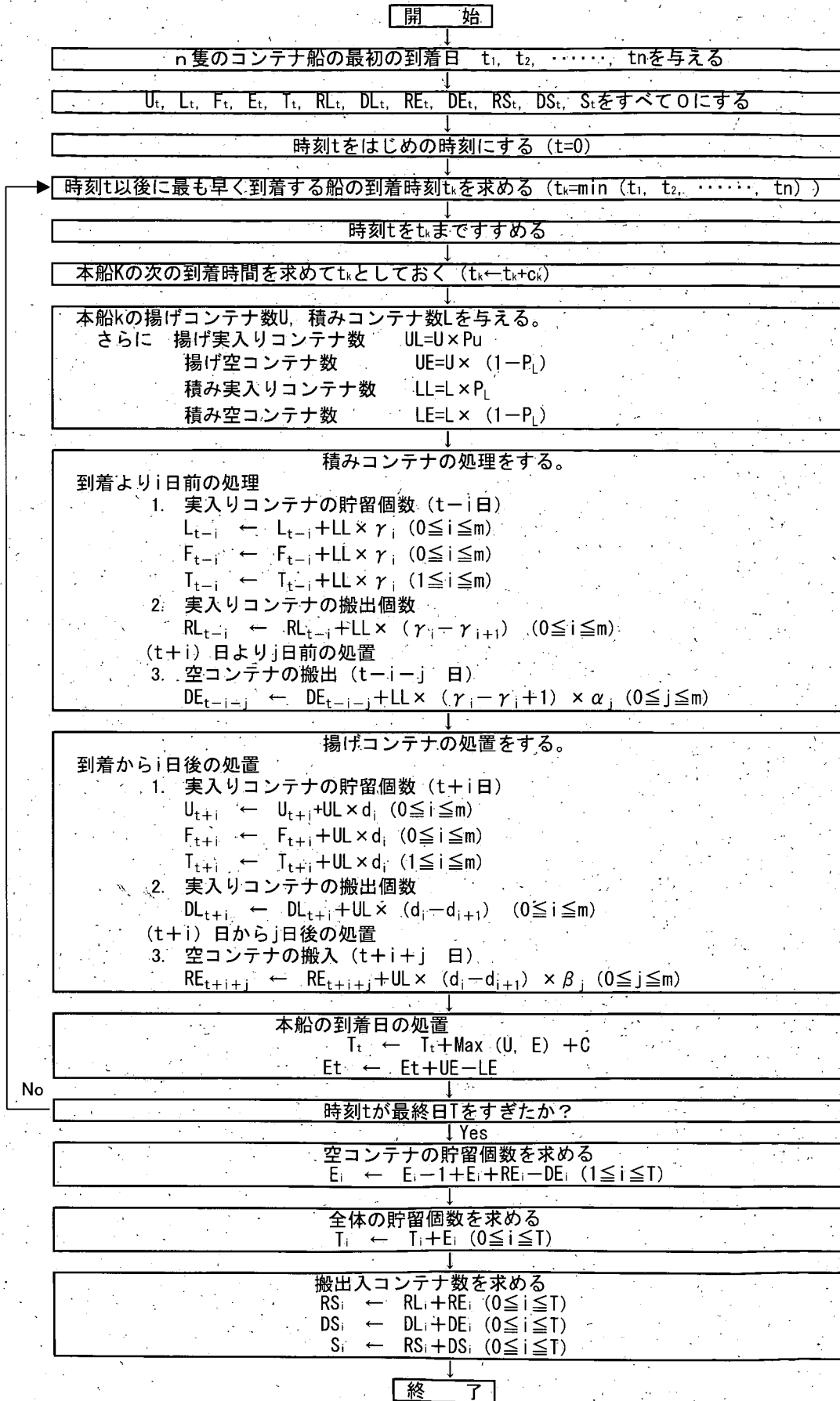
コンテナターミナル施設の標準

施設の標準			摘要
施設名	300mバース	250mバース	
1. 岸壁			1. 標準荷重は移動荷重 21.5 t f / 輪 分布荷重 3 t f / m ²
(1) 延長	300m	250m	
(2) 水深	-12m	-12m	
2. 泊地			
(1) 水深	-12m	-12m	
(2) 面積	前巾300m	前巾250m	
3. 埠頭用地			
(1) 面積	105,000m ²	75,000m ²	
4. クレーン			1. 定格荷重 30.5 t f 2. 横行(岸壁法線から海側へ) 33.0 m 但し250mバースの場合は 31.0 m
(1) 基数	2 基	2 基	
5. C F S			
(1) 面積(壁内)	6,000m ²	5,000m ²	
6. その他施設			管制、電気、通信、衛生、給油、給水修理及び保安施設
	1 式	1 式	

表-3 「港湾の施設の技術上の基準」に示されるコンテナ埠頭のバース長と水深¹⁶⁾

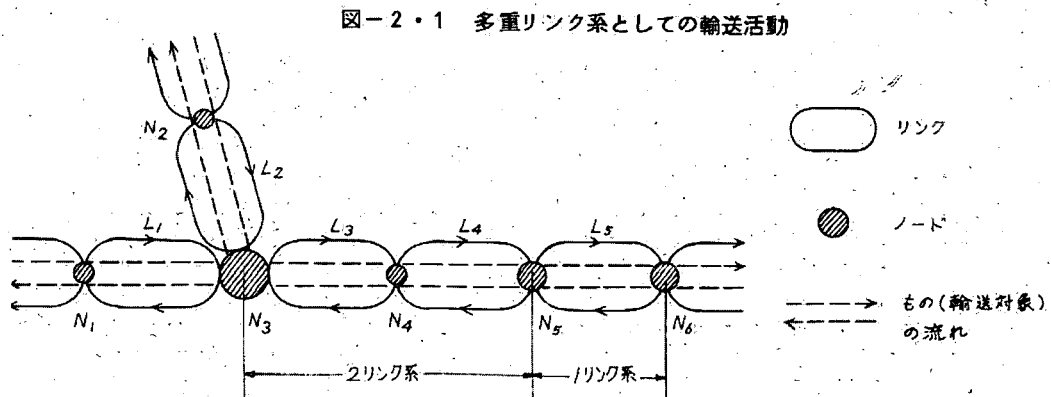
コンテナ埠頭のバースの長さ及び水深

載貨重量トン数 (DWT)	バースの長さ (m)	バースの水深 (m)
30,000	250	12
40,000	300	13
50,000	330	14
60,000	350	15



- n コンテナ船の隻数
- t_k k 番目のコンテナ船の到着日
- U_t 時刻 t における実入り揚コンテナ船の貯留個数
- L_t 時刻 t における実入り積みコンテナの貯留個数
- F_t 時刻 t における実入りコンテナの貯留個数
- E_t 時刻 t における空コンテナの貯留個数
- T_t 時刻 t におけるコンテナ貯留個数
- RL_t 時刻 t における搬入実入りコンテナ数
- DL_t 時刻 t における搬出実入りコンテナ数
- RE_t 時刻 t における搬入空コンテナ数
- DE_t 時刻 t における搬出空コンテナ数
- RS_t 時刻 t における搬入コンテナ数
- DS_t 時刻 t における搬出コンテナ数
- S_t 時刻 t における搬出入コンテナ数
- U 本船の揚げコンテナ数
- L 本船の積みコンテナ数
- P_u 本船の揚げコンテナ数における実入りコンテナ数の占める比率
- P_L 本船の積みコンテナ数における実入りコンテナ数の占める比率
- UL 本船の揚げ実入りコンテナ数
- UE 本船の揚げ空コンテナ数
- LL 本船の積み実入りコンテナ数
- γ_i 実入りコンテナの搬入分布。i 日前までに搬入している比率である。
- d_{-i} 実入りコンテナの搬出分布。-i 日後にまだコンテナ・ヤードに留まっている比率である。
- α_j 空コンテナの搬出分布。実入りコンテナとなって搬入する日から j 日前に空コンテナの搬出する比率である。
- β_j 空コンテナの搬出分布。実入りコンテナが搬出した日から j 日後に空コンテナとなって搬入する比率である。
- T シミュレーションを終える最後の日である。
- m コンテナの搬出入分布で、m 日より大になると搬出入が 0 となるような値。
- c 揚げ積みの方法で述べた借置き の 個数。

図-1 奥山らによるシミュレーションのフローチャート²⁾



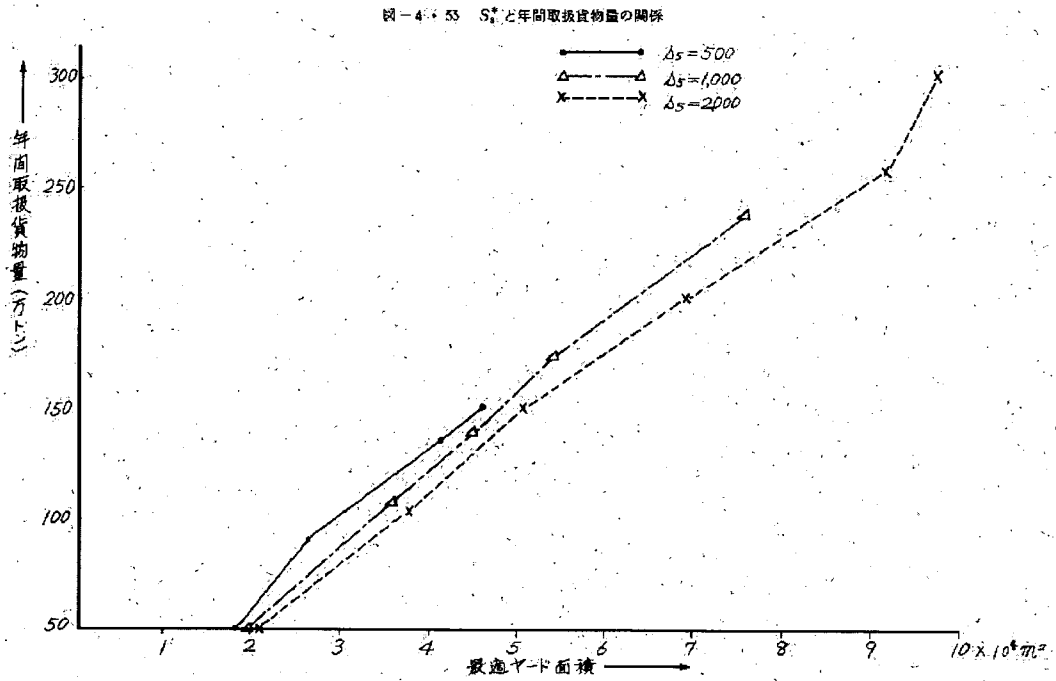


図-3 阪神外貿埠頭公団による最適規模算用図³⁾

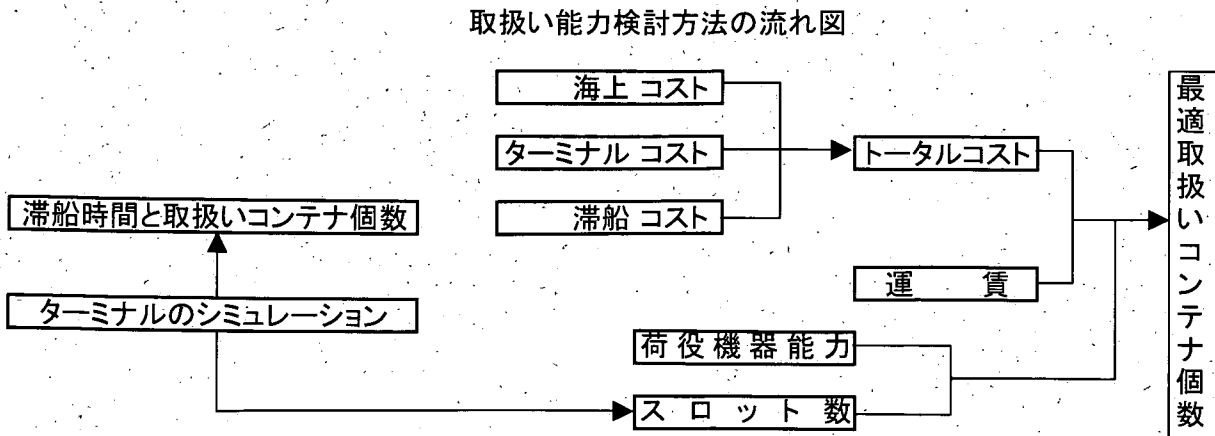


図-4 京浜外貿埠頭公団による取扱能力検討のフローチャート⁷⁾

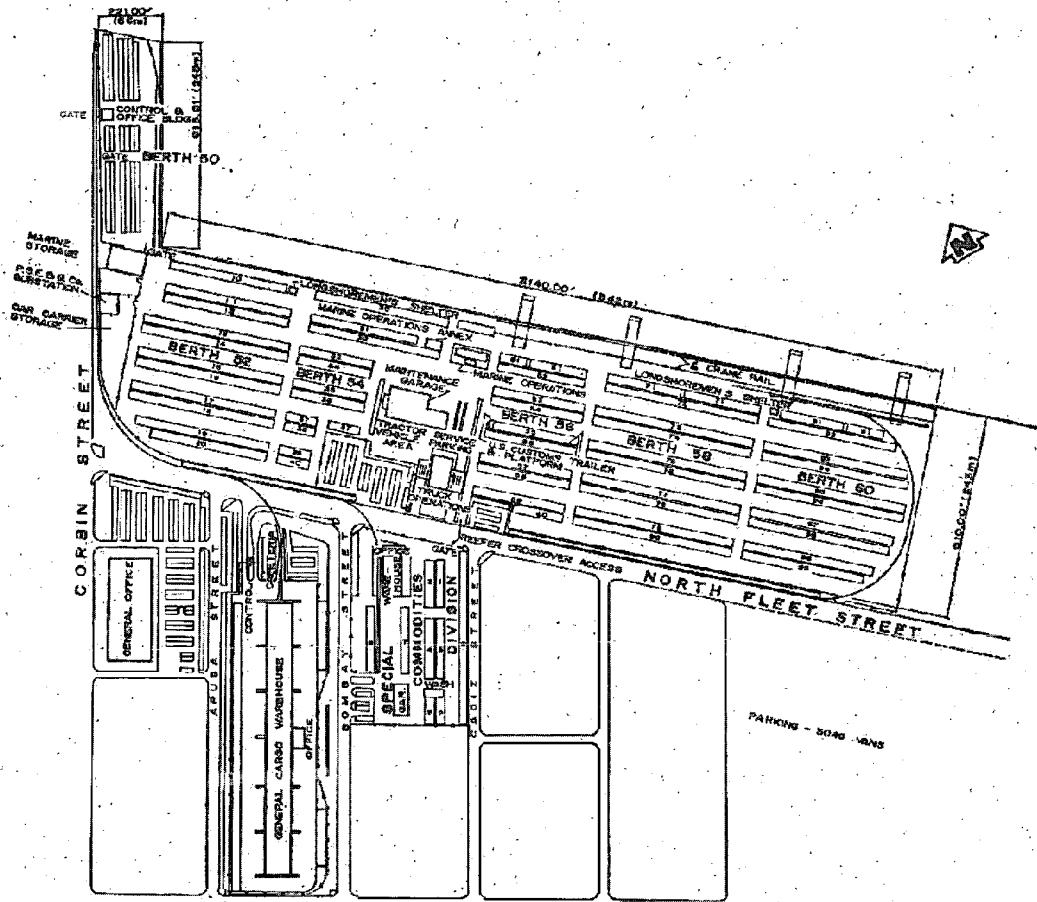


図-1.23 ニューヨーク港エリザベス・マリンターミナルの計画平面図

図-5 「港工学」に示されたニューヨーク港コンテナターミナルの計画平面図⁵⁾

コンテナマーシャリングヤードの規模決定に関するフロー

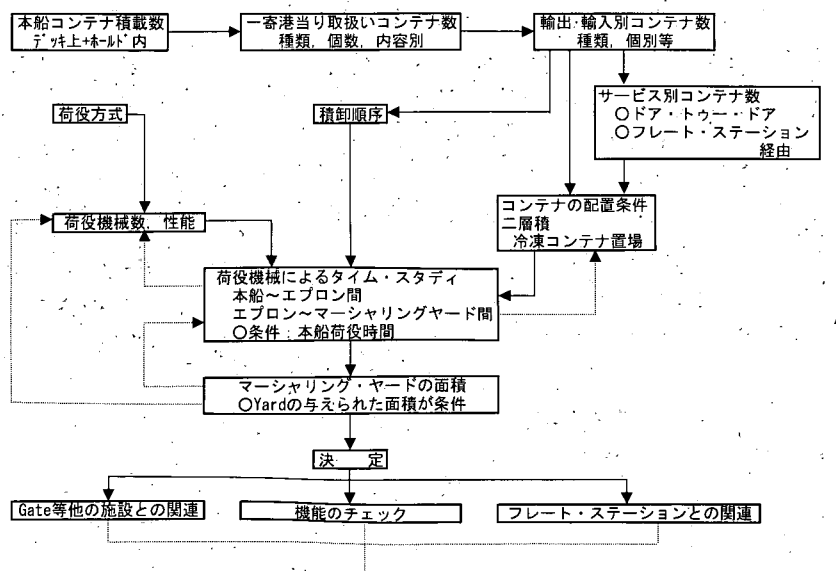


図-6 「港湾計画概論」に示されたマーシャリングヤード規模決定のフローチャート⁹⁾

250m バースのマーシャリングヤード面積 (簡便法)

前提条件： 対象船型：1,200TEU積、寄港頻度：週1回
 荷役機械：ストラドルキャリア方式
 一般貨物：90%、冷凍貨物：10%
 実入率：輸出：一般貨物90%、冷凍貨物60%
 輸入：一般貨物70%、冷凍貨物100%
 段積：1段：冷凍貨物および輸入実入貨物
 2段：その他
 1スロット：6.5m×4.0m=26㎡
 滞留率：25%

算定：

スロット数の算定

一般貨物： 輸出用 $600^{TEU} \times 0.9 \times (0.9 + 0.1) \div 2 = 270^{スロット}$
 (一般貨物率) (実入率) (空バン率) (段積)
 輸入用 $600^{TEU} \times 0.9 \times 0.7 + 600^{TEU} \times 0.9 \times 0.3 \div 2 = 459^{スロット}$
 (一般貨物率) (実入率) (一般貨物率) (空バン率) (段積)
 冷凍貨物： 輸出用 $600^{TEU} \times 0.1 \times 0.6 + 600^{TEU} \times 0.1 \times 0.4 \div 2 = 48^{スロット}$
 (冷凍貨物率) (実入率) (冷凍貨物率) (空バン率) (段積)
 輸入用 $600^{TEU} \times 0.1 \times 1.0 = 60^{スロット}$
 (冷凍貨物率) (実入率)
 滞留： $600^{TEU} \times 2 \times 0.25 \div 2 = 150^{スロット}$
 (出入) (滞留率) (段積)

必要スロット数 987≒990スロット

必要面積

$990^{スロット} \times 26m^2 = 25,740 \approx 26,000m^2$
 $(250m - 25m \times 2) \div 4m = 50列$
 $990^{スロット} \div 50列 = 19.8 \approx 20行$
 $20行 \times 6.5m + 15m \times 2 = 160m$
 (通路幅)

250mバースの一般的レイアウト

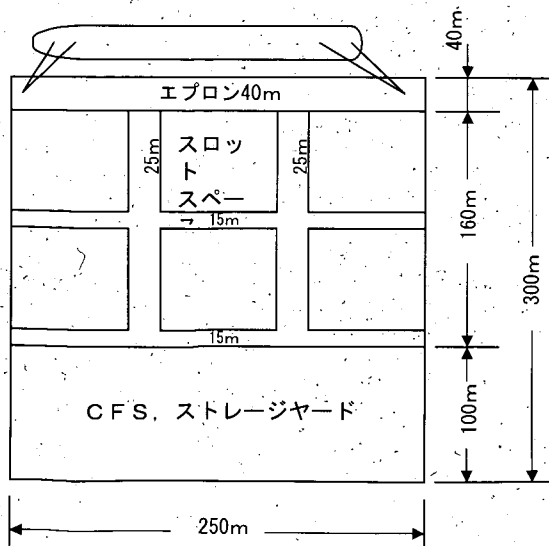


図-7 「港湾工学概論」に示された簡便法によるマーシャリングヤード面積の計算例¹²⁾