

蘇州の水郷環境の構成に関する 分析的研究

大分大学大学院工学研究科
環境工学専攻博士後期課程
博士論文

巖 芳

本論文の構成と各章の概要

第1章 序章

第2章 江南水郷と水郷都市蘇州の概要

第3章 蘇州城水路網の変遷と都市構造の特徴

第4章 水路の水辺空間と水辺空間平面構成の分析

第5章 フーリエ解析による水路空間変化のゆらぎ分析

第6章 $1/f$ ゆらぎによる水路空間の定量調整法

第7章 研究の総括

第1章 序論

第2章 江南水郷と水郷都市蘇州の概要

研究の背景

中国江南水郷地域の位置と概念

中国江南水郷の「江南」とは、長江以南の意味である。

「江南水郷地域」とは、長江下流の太湖流域、江蘇省の南部と浙江省の北部を含んだ地域を指す。



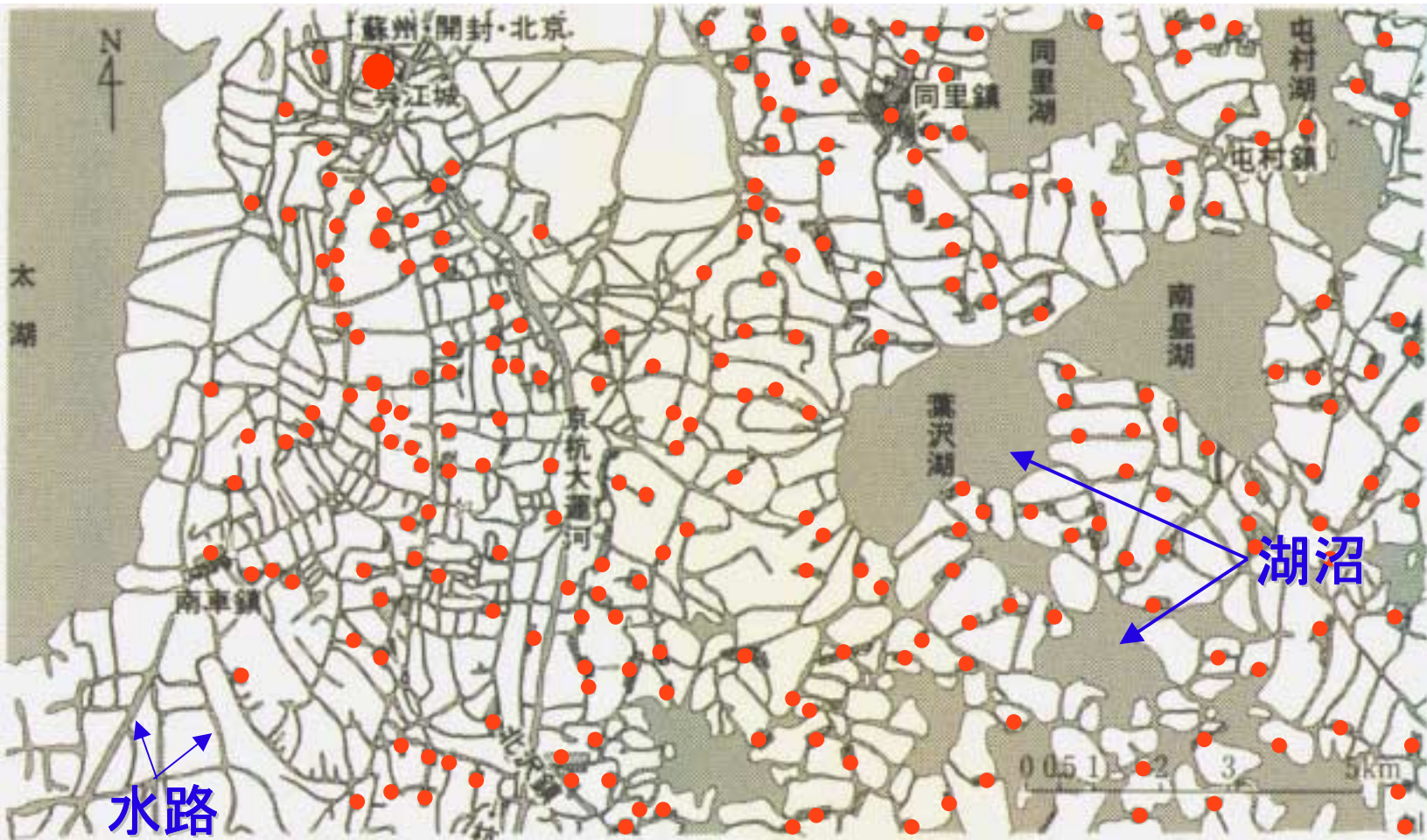
江南水郷地域範囲図

中国東部図



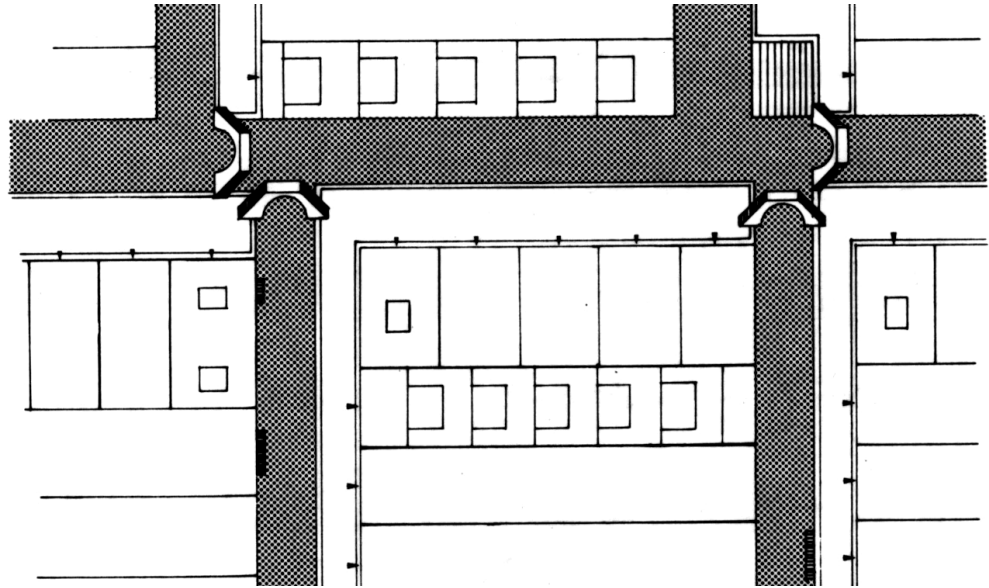
中国東部図

江南水郷地域の水路網

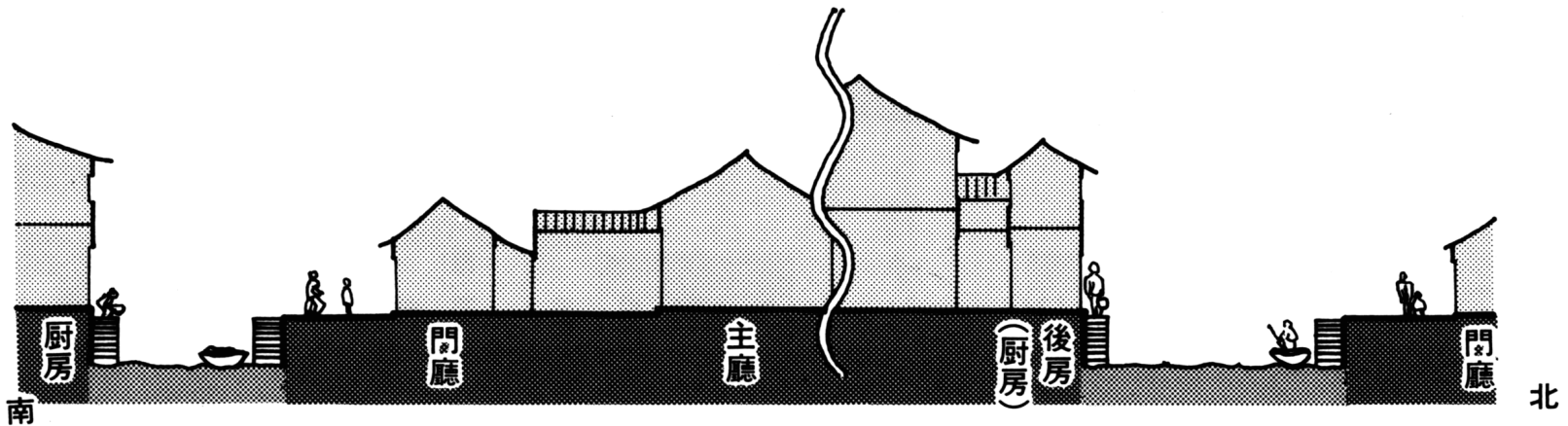


江南水郷地域密集縦横の水路網と湖沼(1926年)
水郷の独特な地域構造：水路で都市や集落を結ぶ

江南水郷都市構造の特徴



水郷住宅地の敷地割りの概念図



水郷の建物と街路、水路の関係：「前街後河」

水郷の特徴的な景観：「小橋、流水、人家」



現代水郷都市の問題

- ・水路が都市人口の増加と都市開発のため埋め立てられ、大量になくなった。
- ・水郷景観の中で最も重要な要素としての水路が次第に消滅しながら、水郷の特徴が失われようとしており、水郷都市の個性も消滅の危機に瀕している。



◀ ・歴史地域の水路空間

建物の形状や、護岸のタイプ、水路幅などの変化が多く、リズム感が感じられる。蘇州の古くからの生活パターンである親水性の感じられる空間である。

・新しく建設された水路空間 ▶

整備されて整ってはいるが、護岸や周囲の建物はデザインも形状も単調で、硬く、情緒が感じられない。現存の水路には及ばないという印象がある。



水郷の歴史的美しい景観と環境を維持するために、水郷の環境を研究する必要がある。

研究の目的と意義

本研究は、中国水郷都市蘇州市の水路を対象にして、水辺空間の平面構成の解析分析と水路空間構成要素の変化の定量分析によって、都市水辺居住環境の回復或は整備において有用な知見をもたらすことが目的である。

- (1) 各時代水路網の変化の分析によって水路網の歴史的変遷と都市構造の特徴を把握する。
- (2) 水路の平面図と現状を通じて各水路について水辺空間平面構成の模式と特徴を把握する。
- (3) 水路空間構成要素の変化を定量的に把握するため物理指標を用いて現状を分析、評価する。
- (4) 現状水路空間を調整する。

既往の関連研究

蘇州に関する研究： 主に水郷の文化、住宅や都市空間構成などに関する研究である。水辺空間に関する研究は、研究背景として波及することがあるが、主な研究対象としてではなく、現状の水路空間を専らの対象としての研究はほとんどない。

水辺、水路空間に関する研究： 水辺空間に対する人間の意識などの側面から水辺空間を論じているが、水辺空間そのものについて研究ではない。河川景観に対する人間の心理評価に関する研究で、河川の物的構成に関する直接的な評価研究ではない。

ゆらぎに関する研究： 物理指標としてスカイラインや街路景観の現状を、ゆらぎの値により、評価ができるが、評価が良くない現状を調整する手法を論じてはいない。

本研究の特色

- (1) **研究対象**：水郷の「水路」を中心に、水路網を歴史変遷、都市構造、水路・水辺空間の構成などの各方面から分析をする。
- (2) **研究方法**：水路空間の構成要素を客観的な数量データとして扱い、水路空間のゆらぎ特性解析を行う。これにより、水路空間に対する人間の感覚を数値で(ゆらぎ値)で表すことが可能となる。このような結果は複雑な景観を簡潔に評価でき、比較しやすい。
- (3) **現状調整法**：歴史地域水路空間の元の特質や特徴を保持したまま、最も理想的な $1/f$ ゆらぎ特質を持ち且つ種々のニーズに応じた、水路空間の調整ができる。

水郷都市の代表——蘇州市の概況



面積： 392km²
人口： 107.1万(1998年)

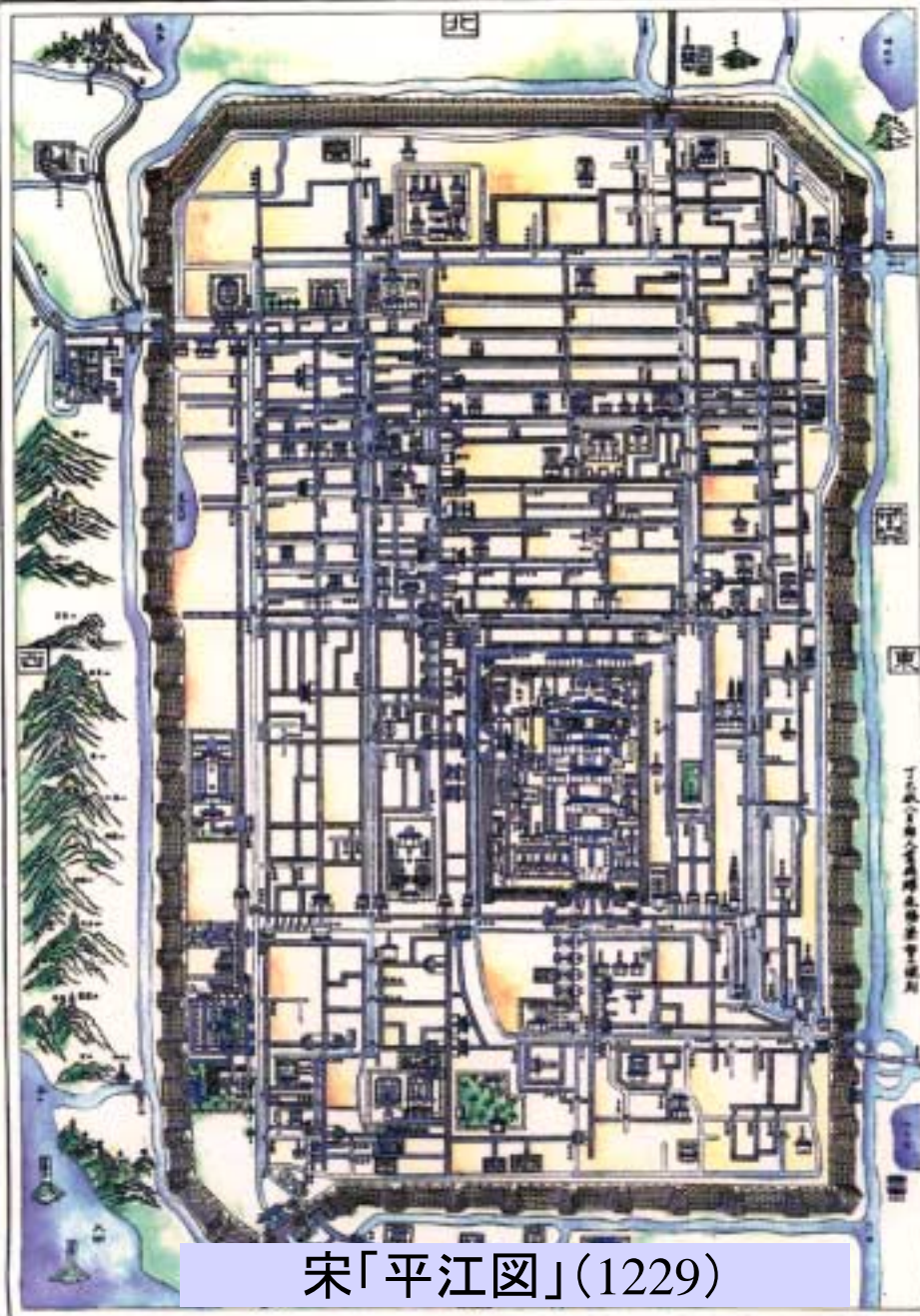
水郷都市蘇州——東方のヴェネツィア

苏州市城市总体规划

寸法： 4600 × 3100m

面積： 約14.2km²

外城濠



宋「平江圖」(1229)

第3章 蘇州城水路網の変遷と都市構造 の特徴

はじめに

本章は**各時代**で描かれた蘇州城に関する**歴史的地図**を基本研究資料として、**各時代の蘇州城水路網の状態**を比較、分析し、**蘇州城水路網の変遷、都市構造の構成と特徴**を明確に把握することが目的である。

蘇州城水路網の形成と変遷

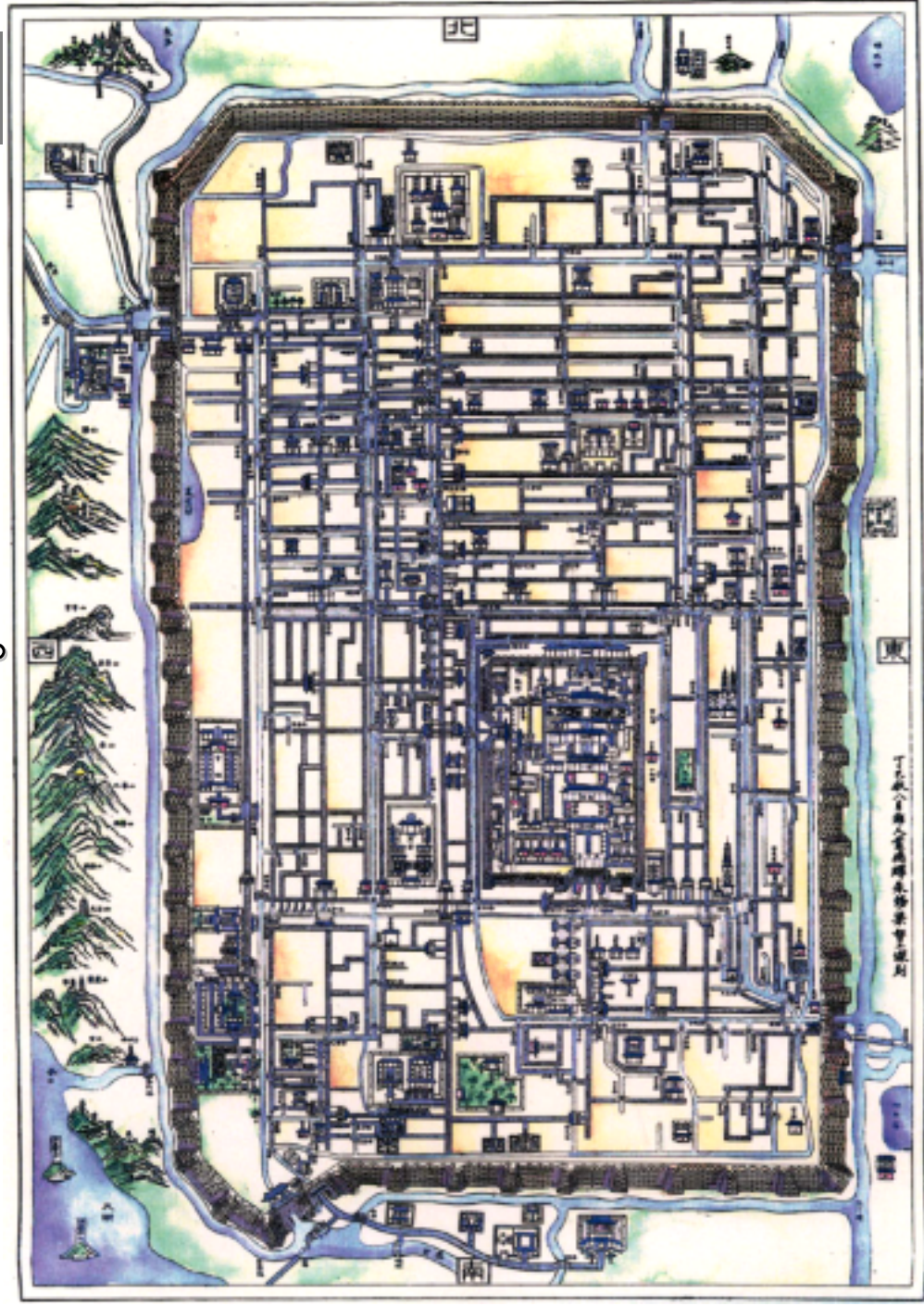
水路網の形成

「平江図」と蘇州城

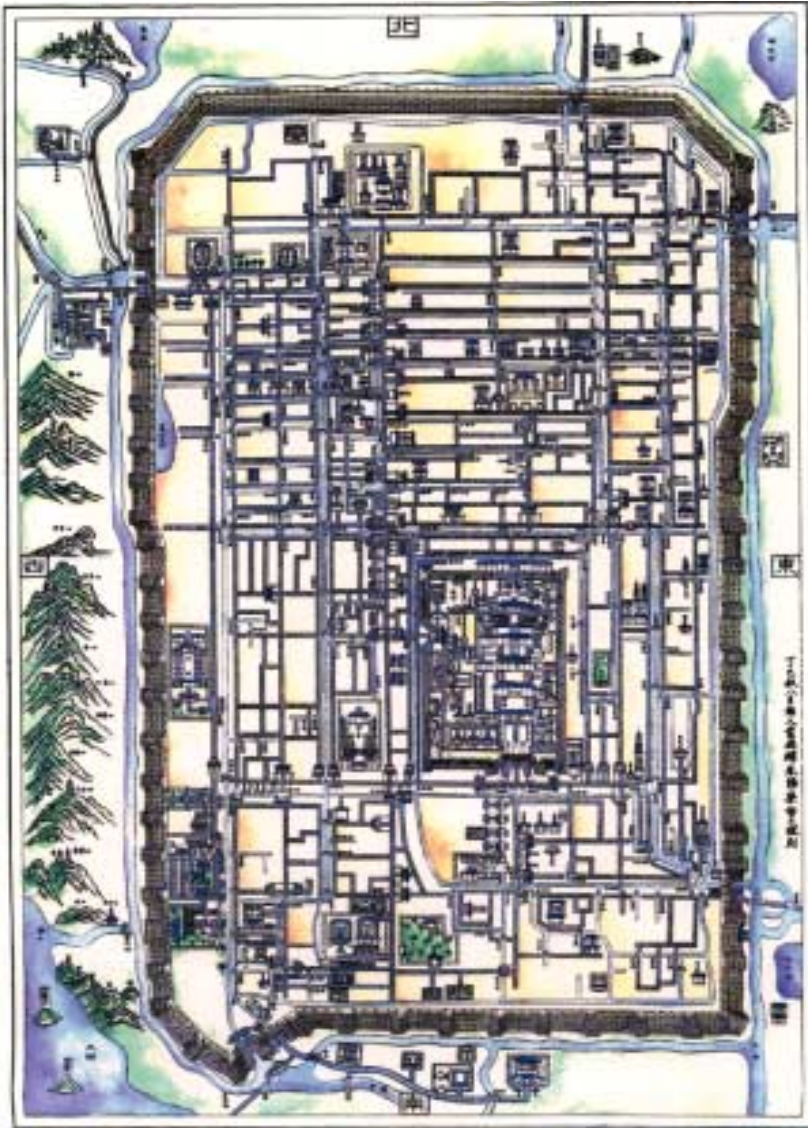
蘇州城の平面：

長方形で、南北にやや長く、外城濠が城濠を取り囲んでいる。城壁の内側にも内城濠のような水路があり、不規則で縦横に交差する水路網が全城を貫通している。

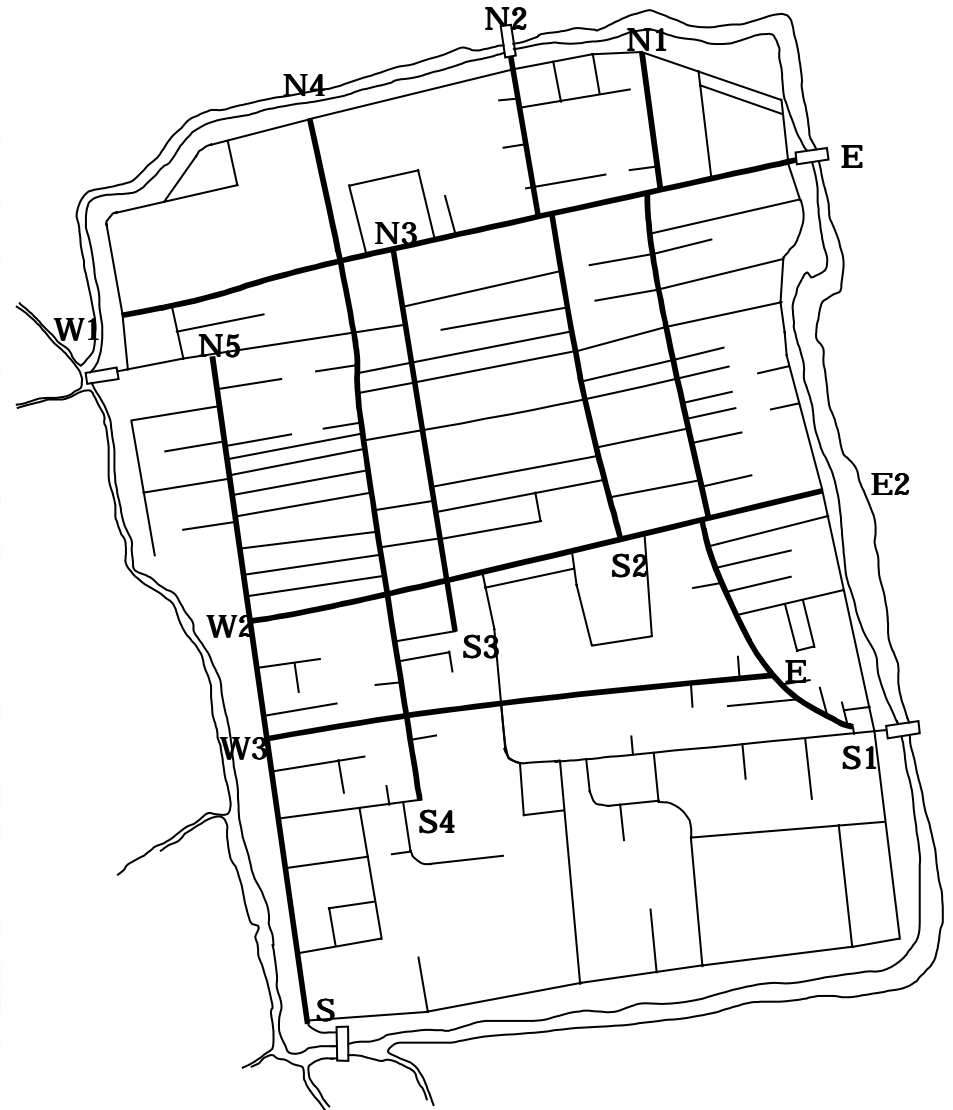
宋時代の「平江図」 1229年 ▶



宋時代の水路網

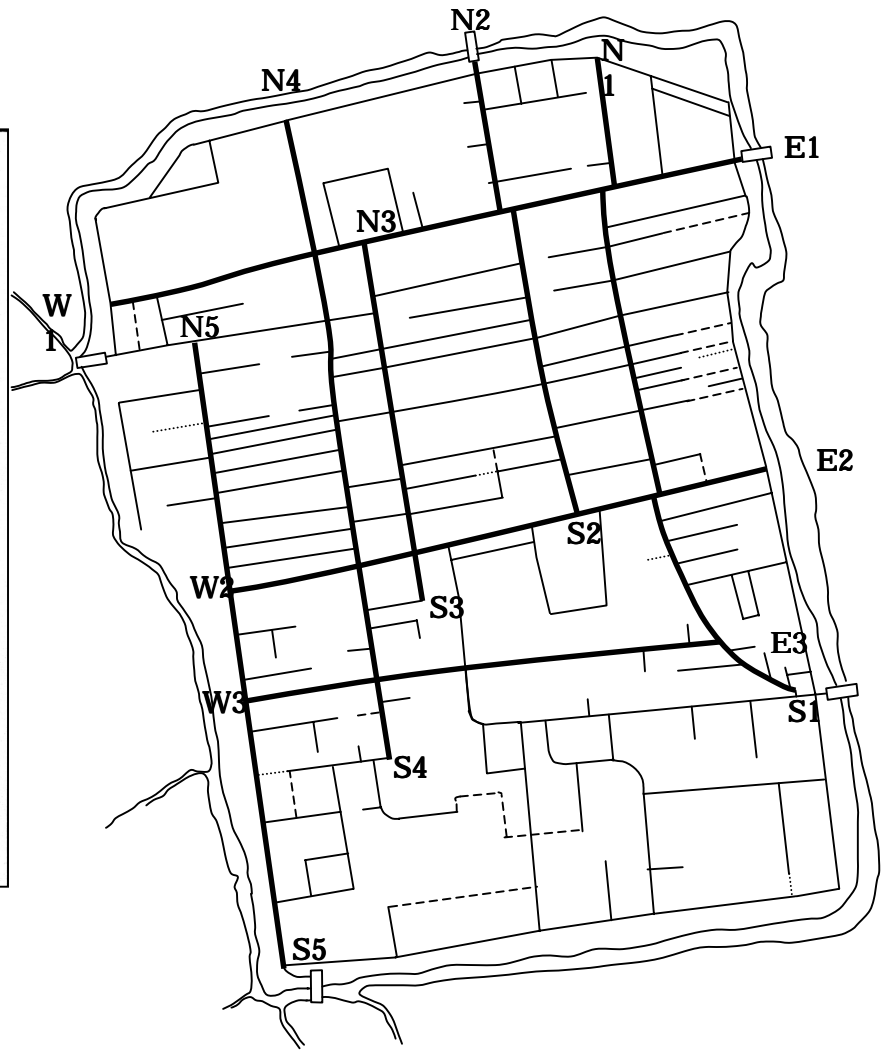
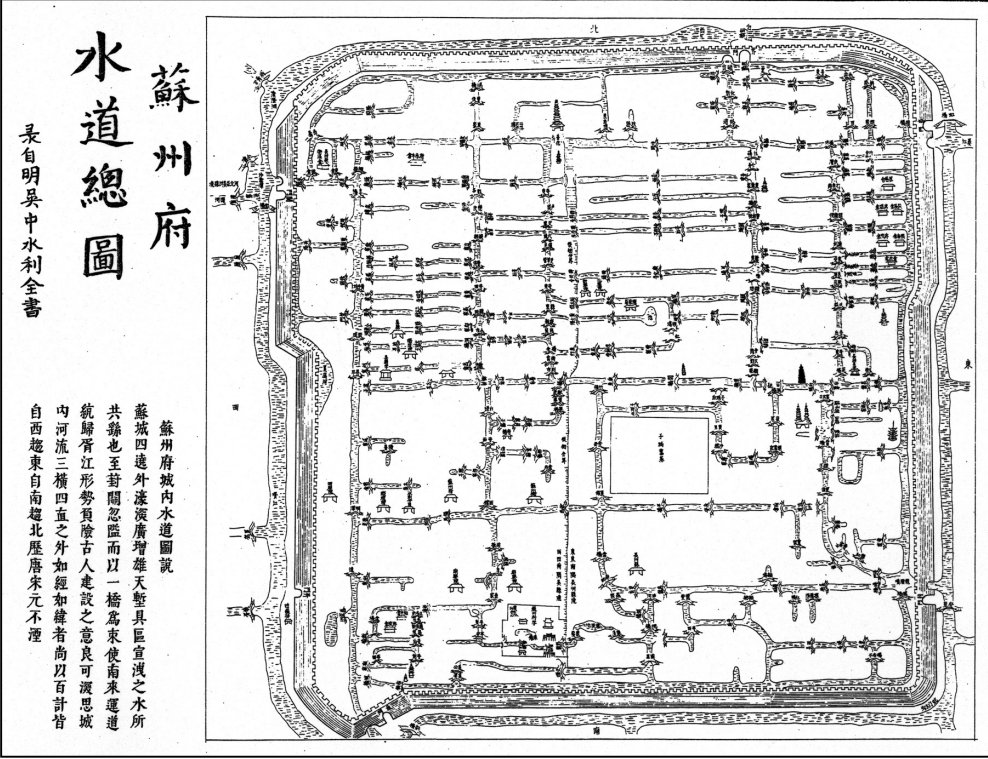


宋時代の「平江図」 1229年



抽出した宋時代の水路網図

明時代の水路網の構造

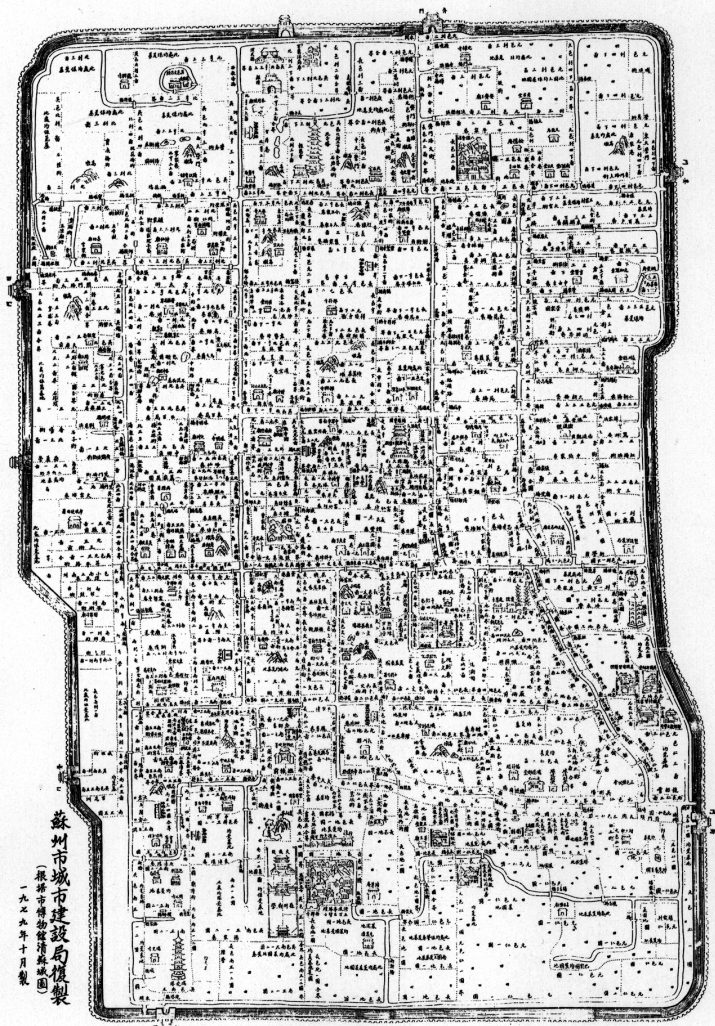


明時代の「吳中水利全書・蘇州府水道總圖」(1600年)

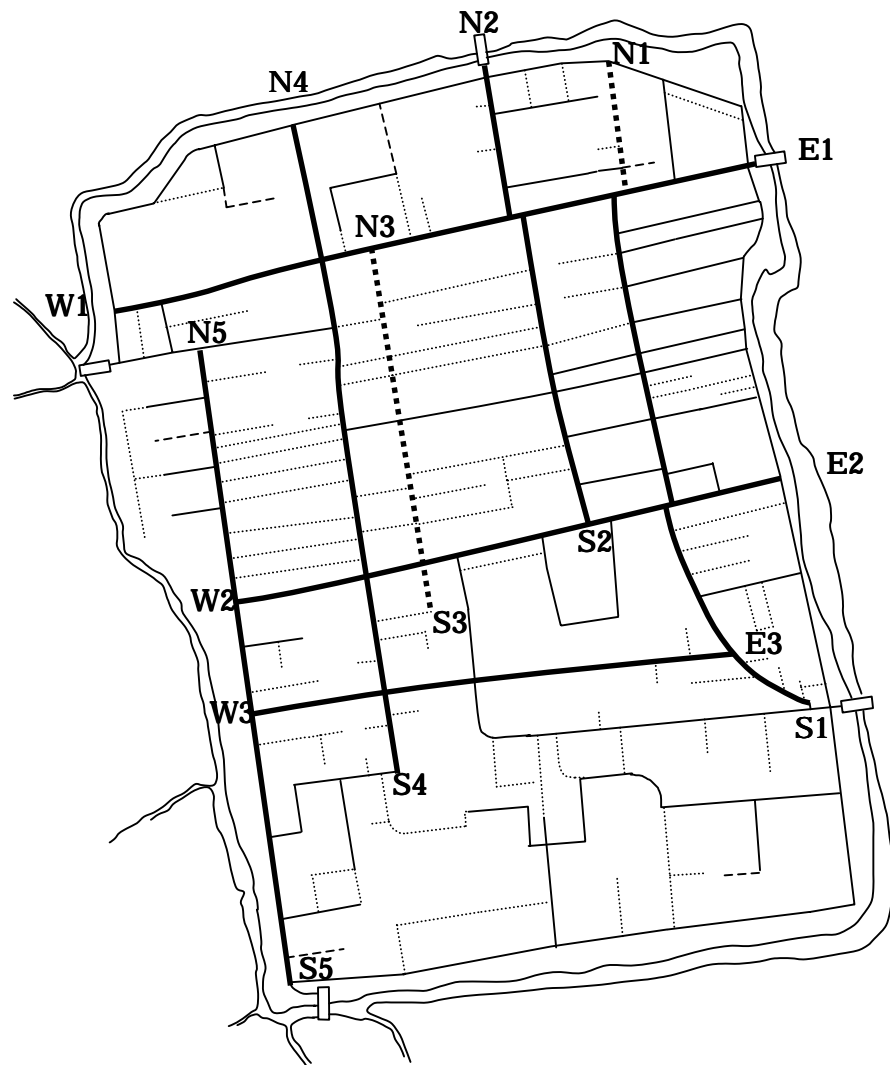
抽出した明時代の水路網図

清時代の水路網の構造

蘇州全図

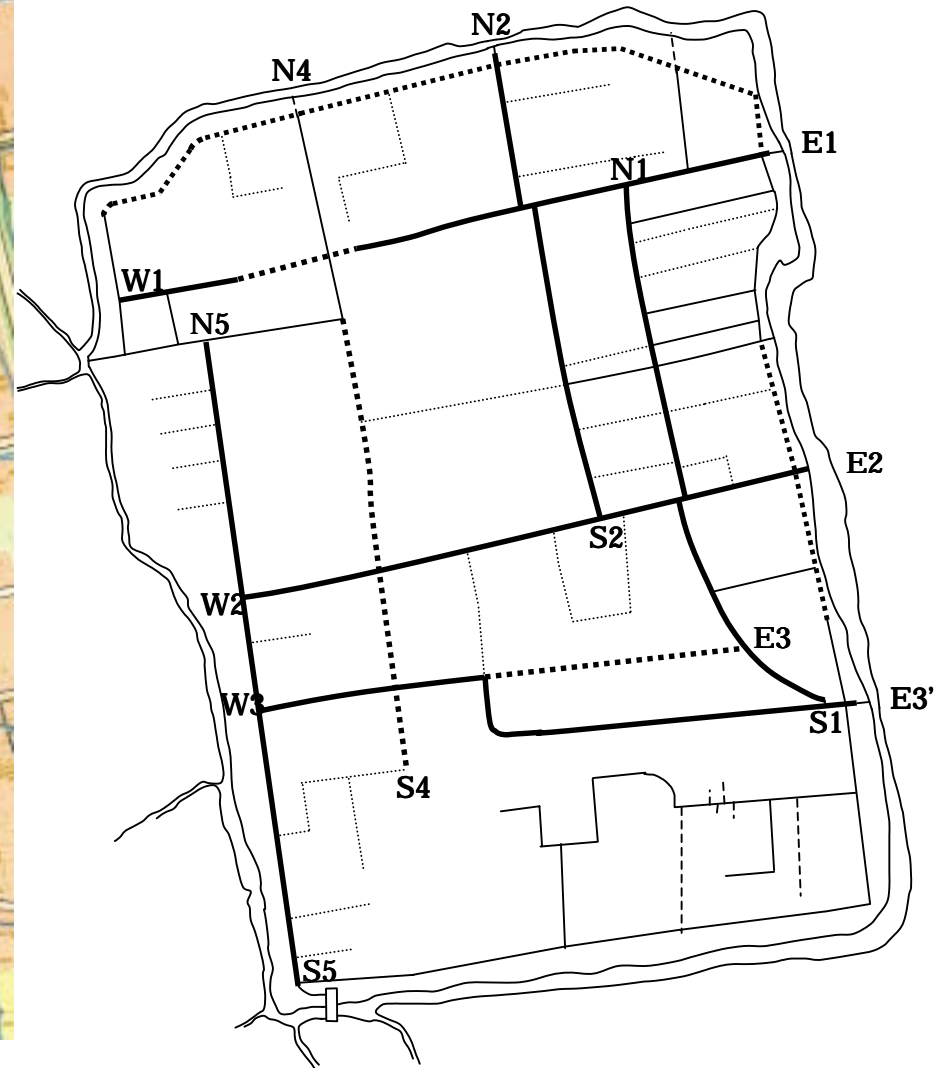


清時代の「蘇州全図」



抽出した清時代の水路網図

現代(1986年)の水路網の構造



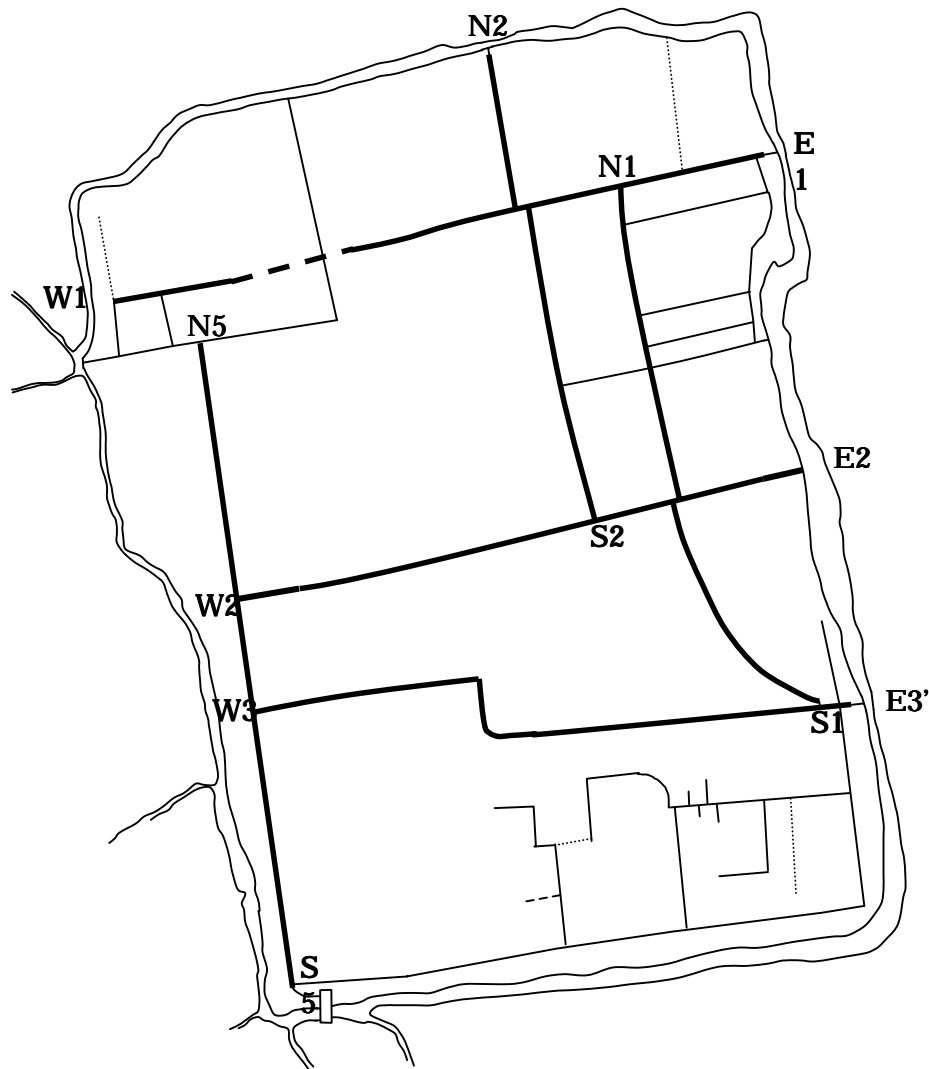
現代の「蘇州市都市園林緑化計画図」 (1986年)

抽出した現代の水路網図

現代(1997年)の水路網の構造



現代の「蘇州地図」 (1997年)

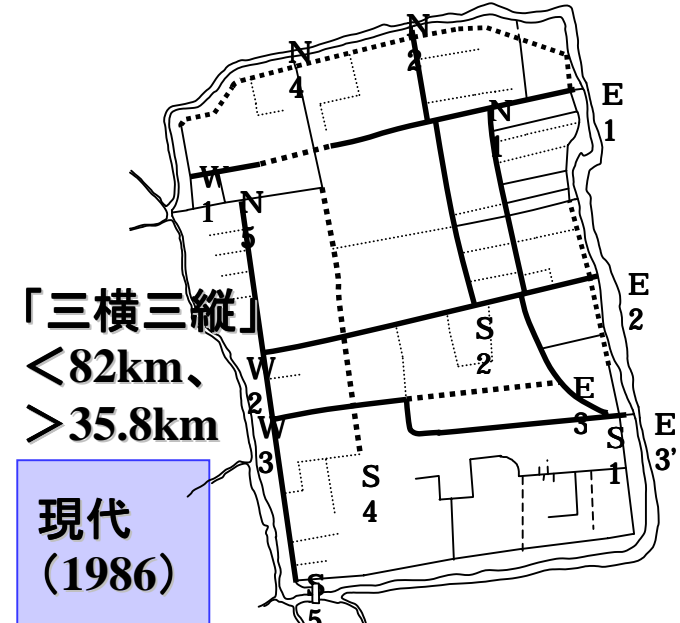
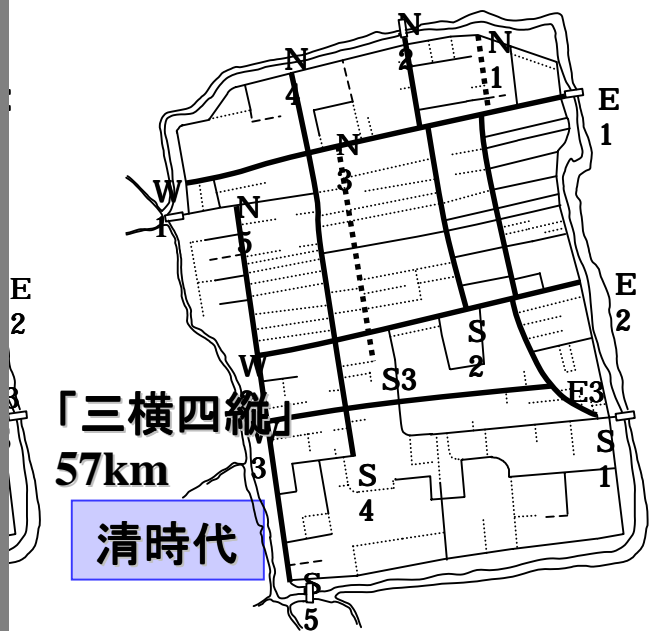


抽出した現代の水路網図

水路網の変遷

一つは、清時代における支水路網の急激の減少により、支水路網は殆んど破壊されたこと。

もう一つは、現代(1986年)における都市骨格としての幹線水路の減少に伴う、幹線水路網の形状の変化である。

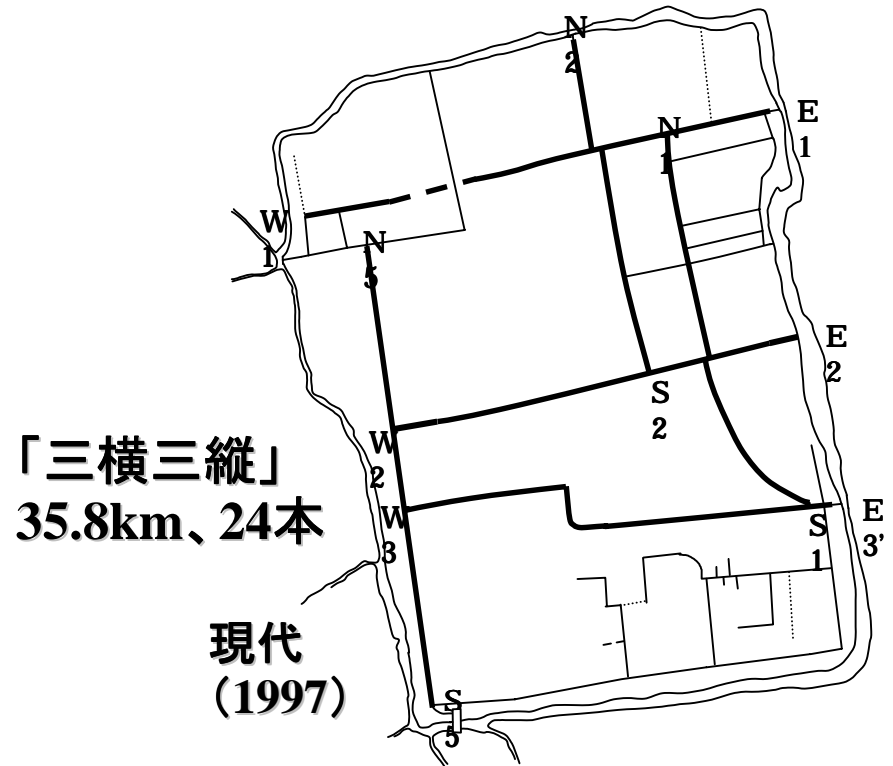
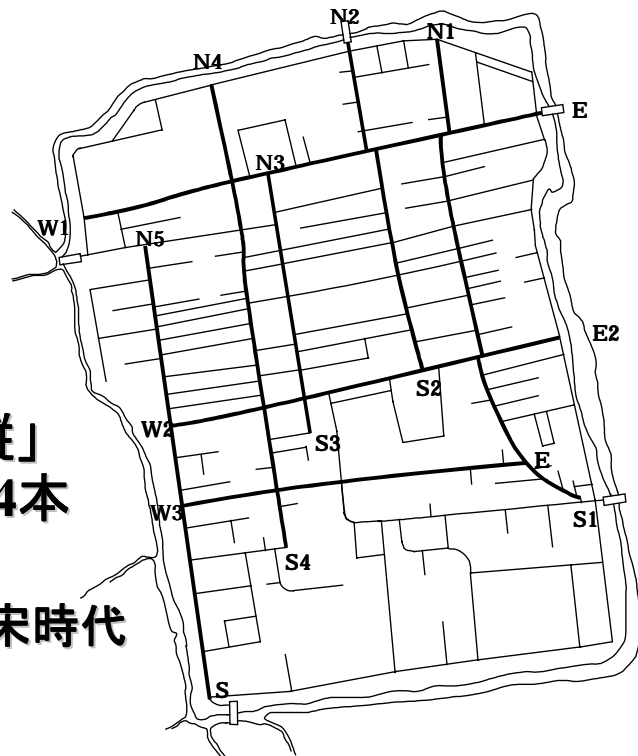


	幹線水路網	支水路網	内城濠
宋時代	8	124	南、東、北
明時代	8	129 (+5)	南、東、北
清時代	7 (-1)	50 (-79)	南、東、北
現代(1986)	6 (-1)	26 (-24)	南、東(半分)
現代(1997)	6	24 (-2)	南、東(半分)

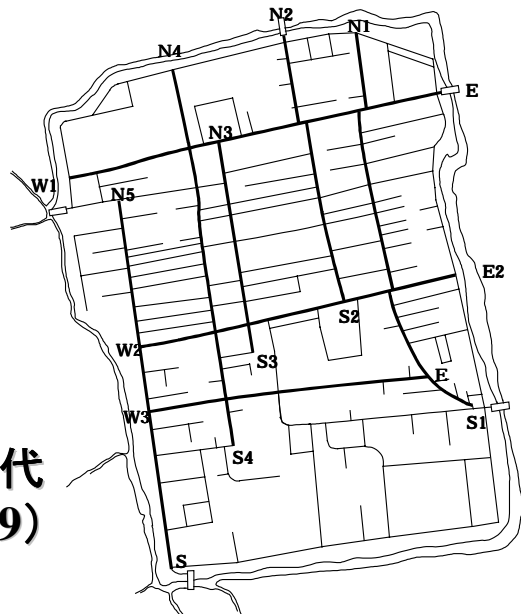
水路網の歴史的変遷と特徴

結論：

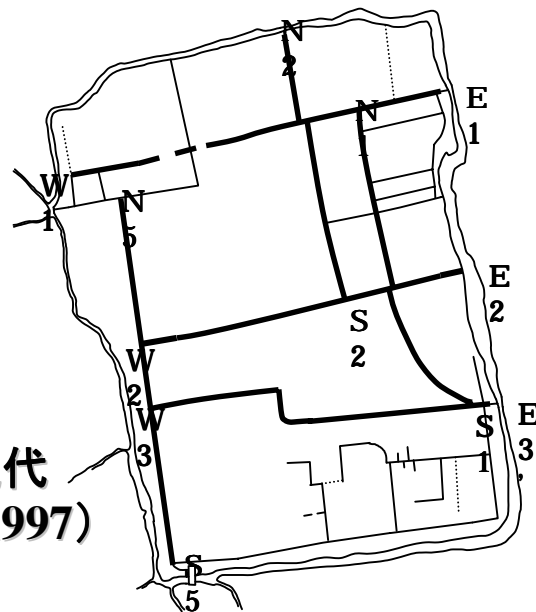
宋時代の水路網は現在まで、その殆どが破壊され、残っているのは原水路網のうち、都市の骨格としての幹線水路網だけと言われている。



蘇州城の都市構造と「水路・都市道路」システム



宋時代
(1229)



現代
(1997)



宋時代の「平江図」 1229年

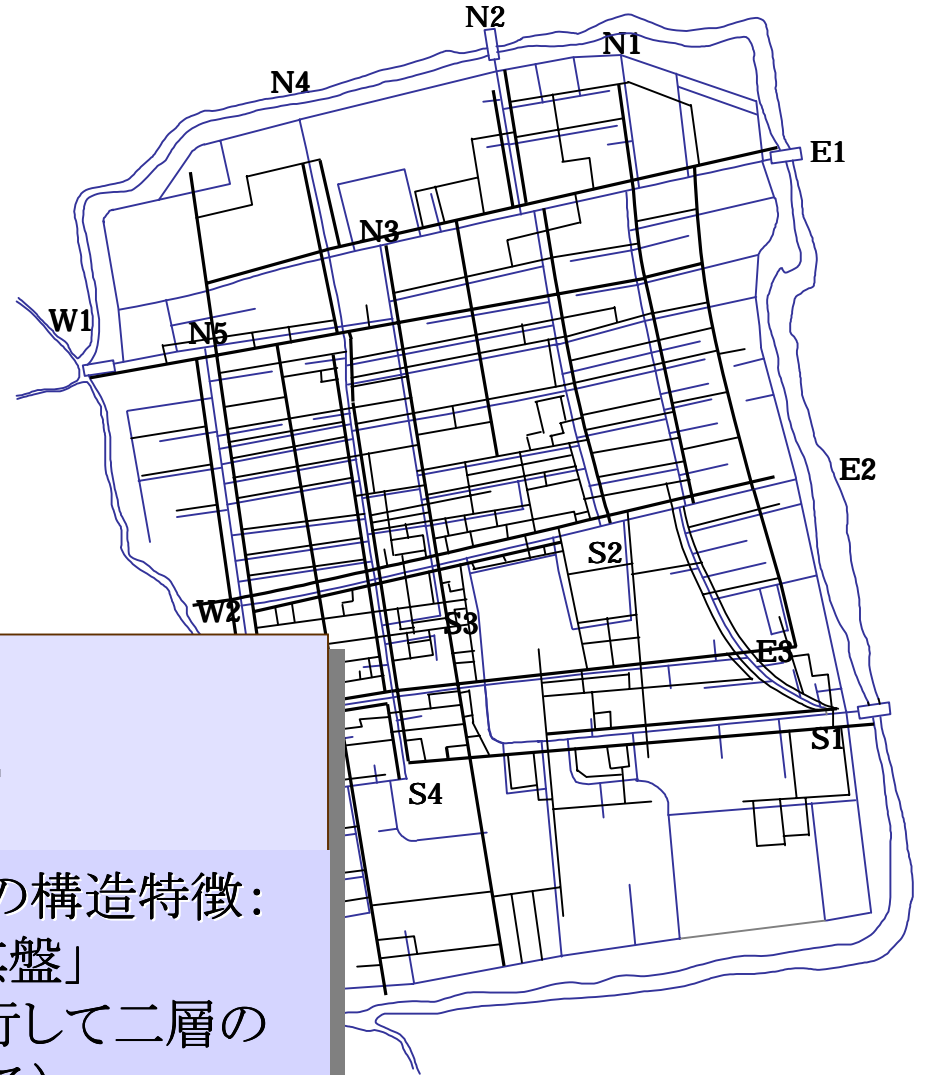


現代の「蘇州地図」 (1997年)

宋時代の都市構造と「道路網と水路網」システム



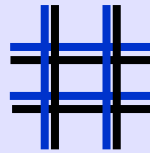
宋時代の
道路網図(1229年)



宋時代の水路・街路システム図(1229年)



宋時代の
水路網図(1229年)



水路・道路システムの構造特徴：
「陸河並行双棋盤」
(道路と水路を並行して二層の
碁盤のような形になる)

宋時代(1229年)と現代(1997年)の道路・水路網図



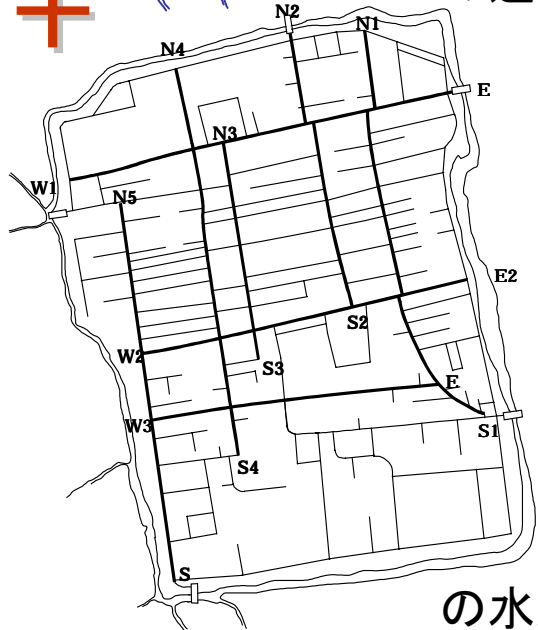
宋時代の道路網図(1229年)



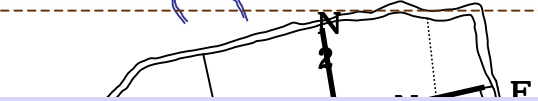
現代の道路網図(1997年)

=

+



宋時代の水路網図(1229年)



現代の水路網図(1997年)

「現代の道路網」= 「宋時代の道路網」 + 「道路になった宋時代の部分の水路網」

水路網と道路網の変遷と特徴

結論1：

蘇州の都市構造は、「陸河並行双棋盤」になっている。

宋時代の道路網は、現在まで殆んど完全に保存され、宋時代よりあまり変わっていない。

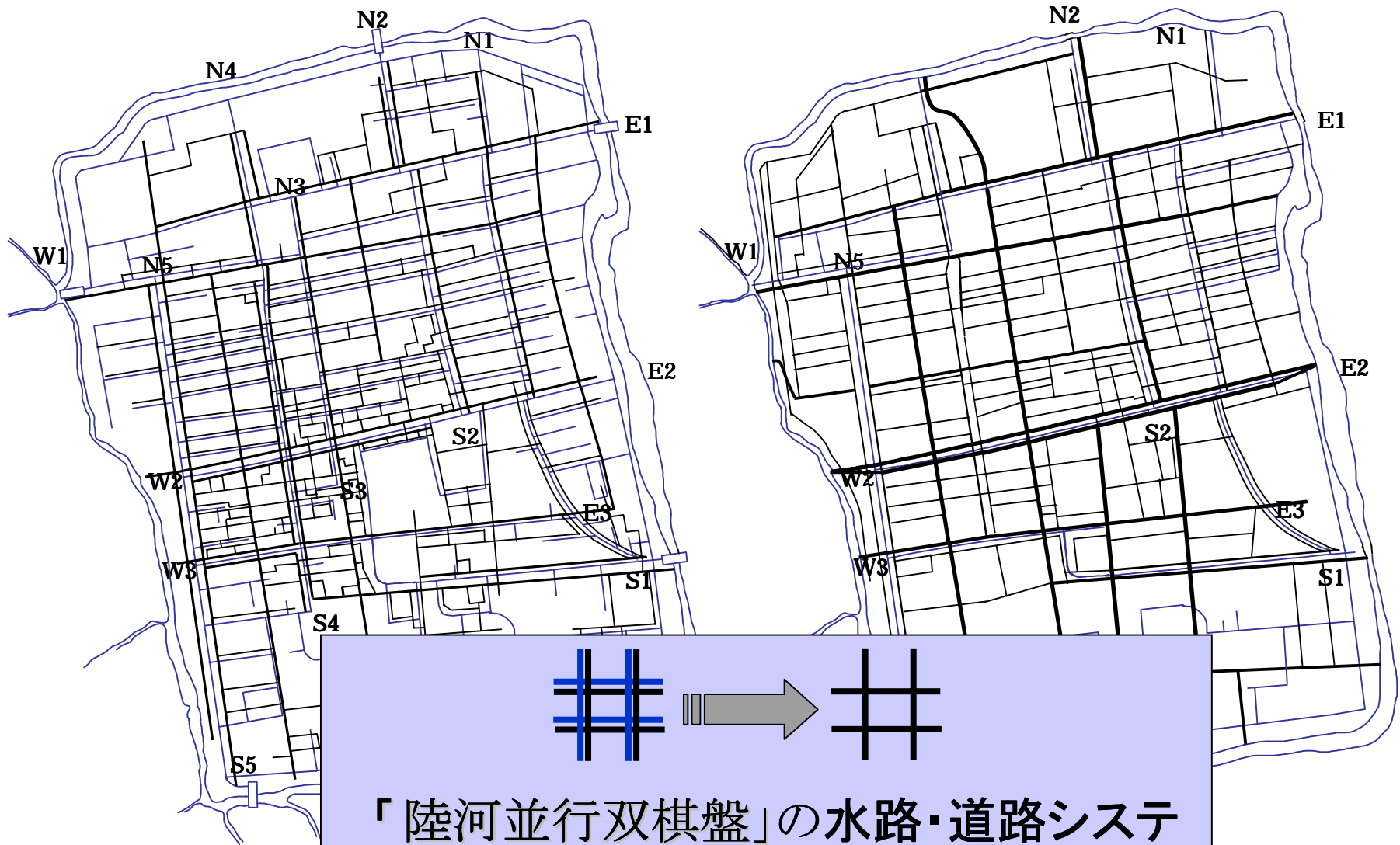
ある水路は現代の道路に変わっているため、昔の道路網だけではなく、ある部分水路網の形も現代の道路網に直接に継続された。

宋時代の蘇州城の都市構造は現在までもあまり変わっていない。



宋時代の地図をまた現代の蘇州城で使える。

宋時代(1229)と現代(1997)の道路・水路システム



「陸河並行双棋盤」の水路・道路システムは壊れた

宋時代の水路・街路システム図(1229年) 現代の水路・街路システム図(1997年)

水路網と道路網の変遷と特徴

結論1：

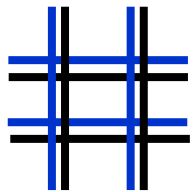
蘇州の都市構造は、「陸河並行双棋盤」になっている。
宋時代の道路網は、現在まで殆んど完全に保存され、宋時代よりあまり変わっていない。
ある水路は現代の道路に変わってなるため、昔の道路網だけではなく、ある部分水路網の形も現代の道路網に直接に継続された。

宋時代の蘇州城の都市構造は現在までもあまり変わっていない。

結論2：

宋時代の水路・道路システムは崩れたといえる。

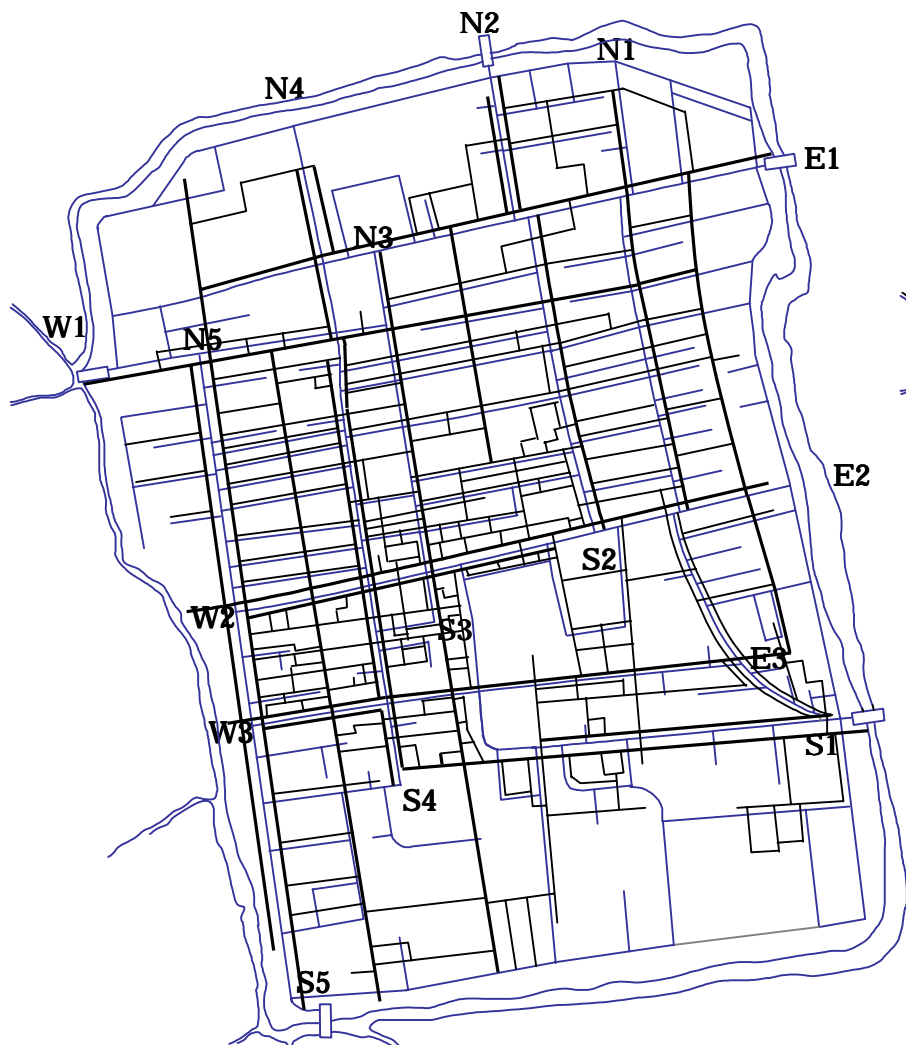
蘇州城の水郷景観



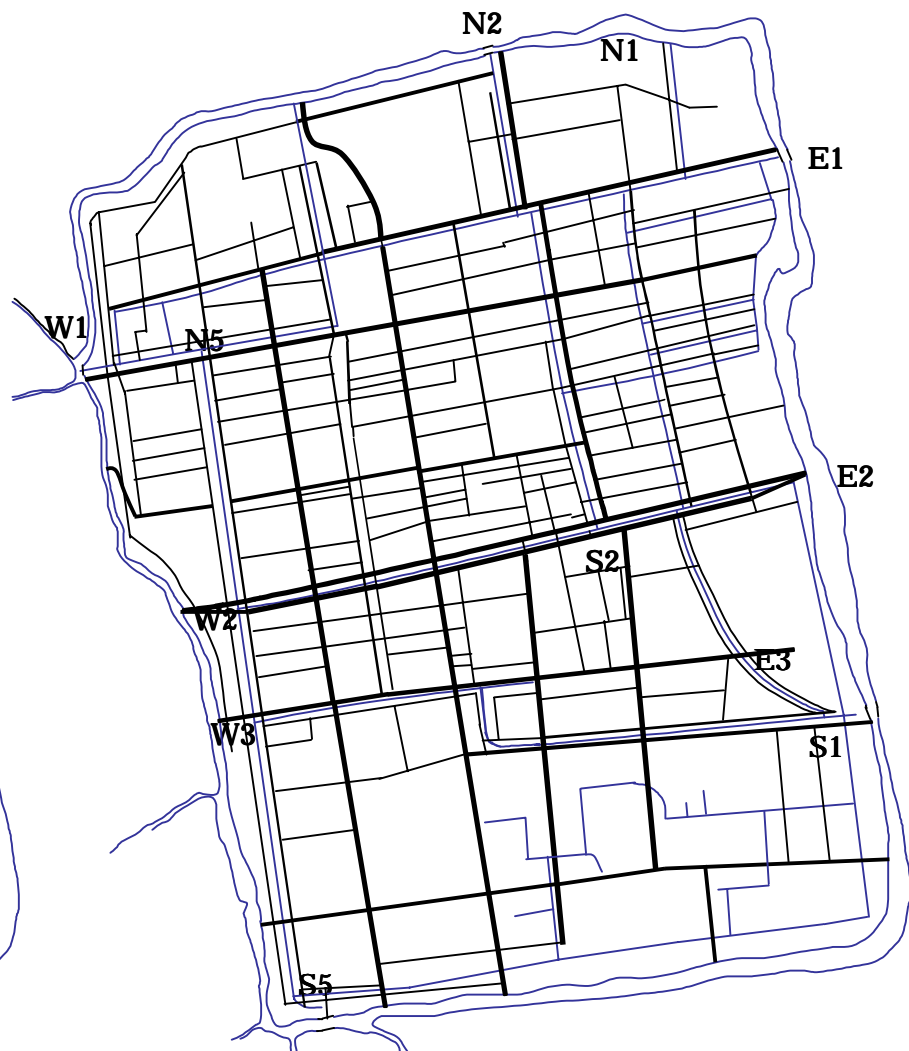
水路・道路の構造特徴：
「陸河並行双棋盤」(道路と水路を並行して二層の碁盤のような形になる)



水郷景観：
「河街相隣」
「前街後河」
「人家尽枕河」

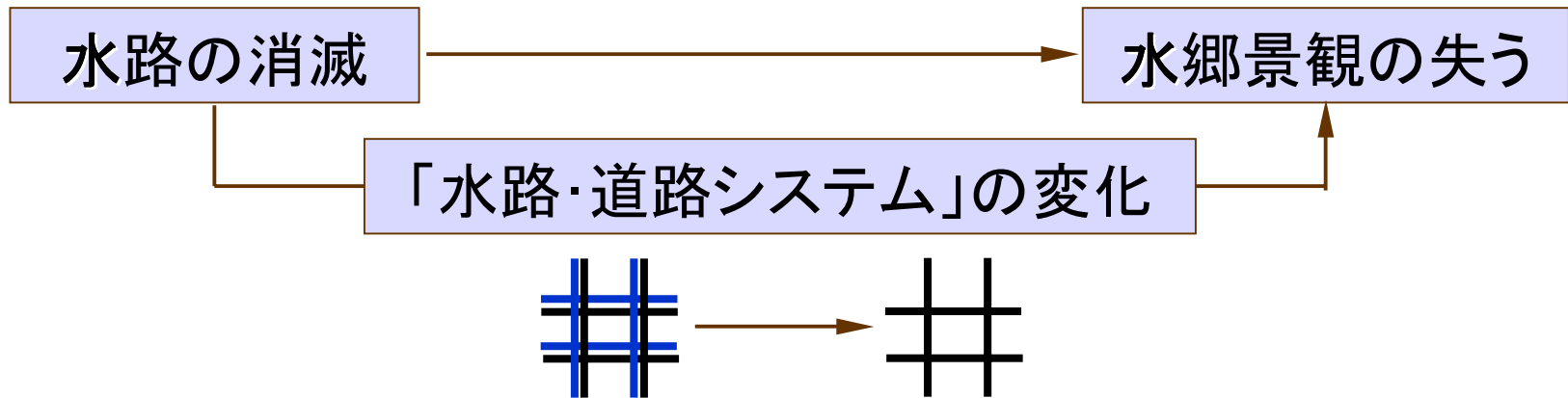


宋時代の水路・街路システム図(1229年)



現代の水路・街路システム図(1997年)

水郷都市の構造と水郷景観の変化



まとめ

本章の分析によって、明らかになった結果を以下に列挙する。

- ① 蘇州の水路は、蘇州都市構造の魂といえる。水路の存在は、蘇州の道路網にも影響し、独特な水郷景観を形成した。
- ② 水路網の消滅により、蘇州都市構造の特徴である「水路・道路システム」が無くなった。水路によって形成された城全域で何処でも見られる独特な水郷景観も無くなり、水路がまだ残っているところだけでは見ることができる。現在の水郷都市蘇州は、宋時代と比べると、名実相伴わないといえる。
- ③ 蘇州の古来から水路景観をもつ現在の水路空間は、蘇州水郷の最後の特色地区といえる。

つまり、水郷空間の構成と特徴の分析は、蘇州水郷都市の特色を保持するには必要かつ重要な研究と考えられる。

第4章 水路の水辺空間と水辺空間平面 構成の分析

はじめに

現代都市風貌に合わせる再開通した「干将河」▶



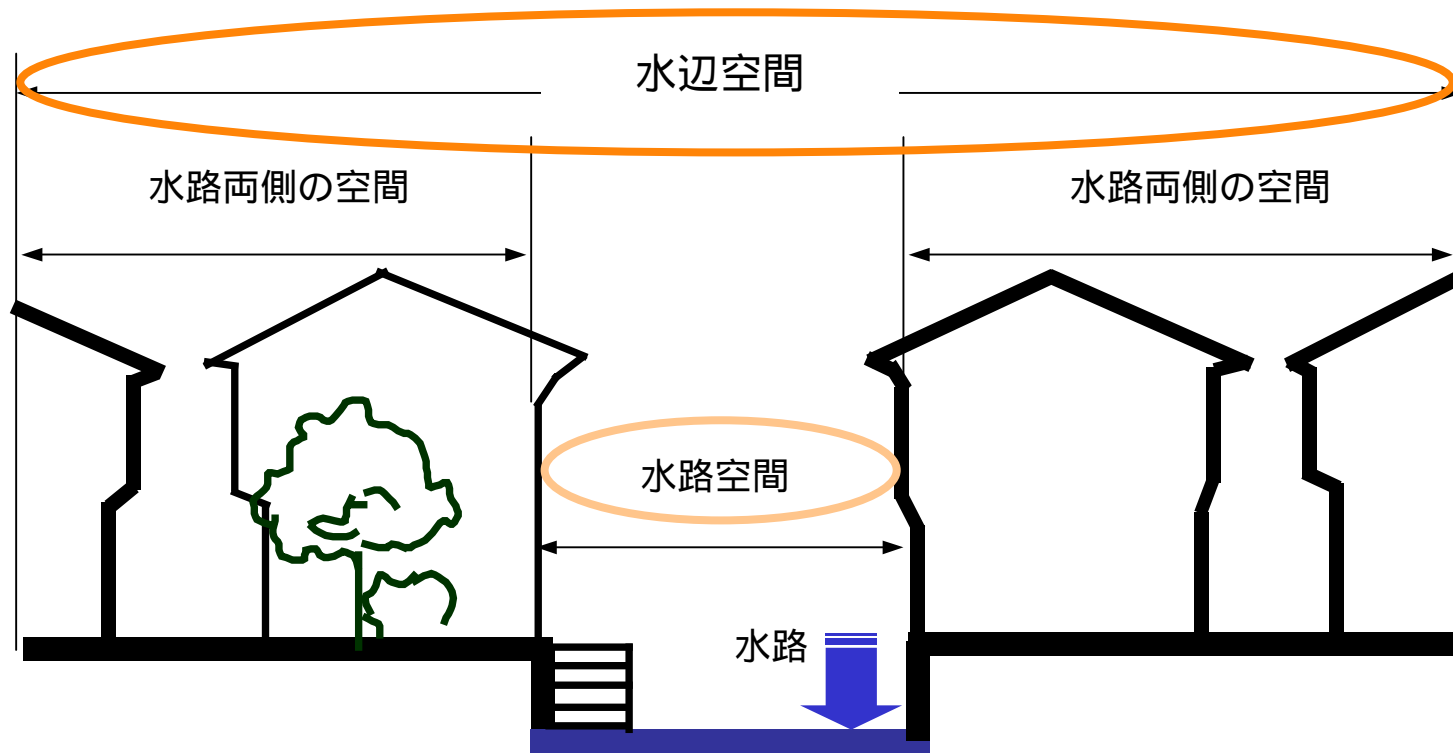
それらの整備された水路及び水路周辺の地域では、新しく、整然となったが、伝統的な水路空間の尽きない変化と豊かな韻律感は消えた。それは、水路、街路、また建物などそれぞれの構成要素を単体として捕らえ、各要素間の内在的な関係を考えずに、この関係(パターン)を時間軸による変化も考えていないと考えられる。



▲ 整備された蘇州の伝統的な風格がある「十全河」

本章では、水路環境の各構成要素の内在的な関係を明らかにするため、水路の水辺空間の平面構成を解析する。目的は、蘇州都市の豊かな水辺居住環境の回復あるいは都市デザインに有用な知見を得ることである。

水路、水路空間と水辺空間



水路、水路空間と水辺空間のイメージ図

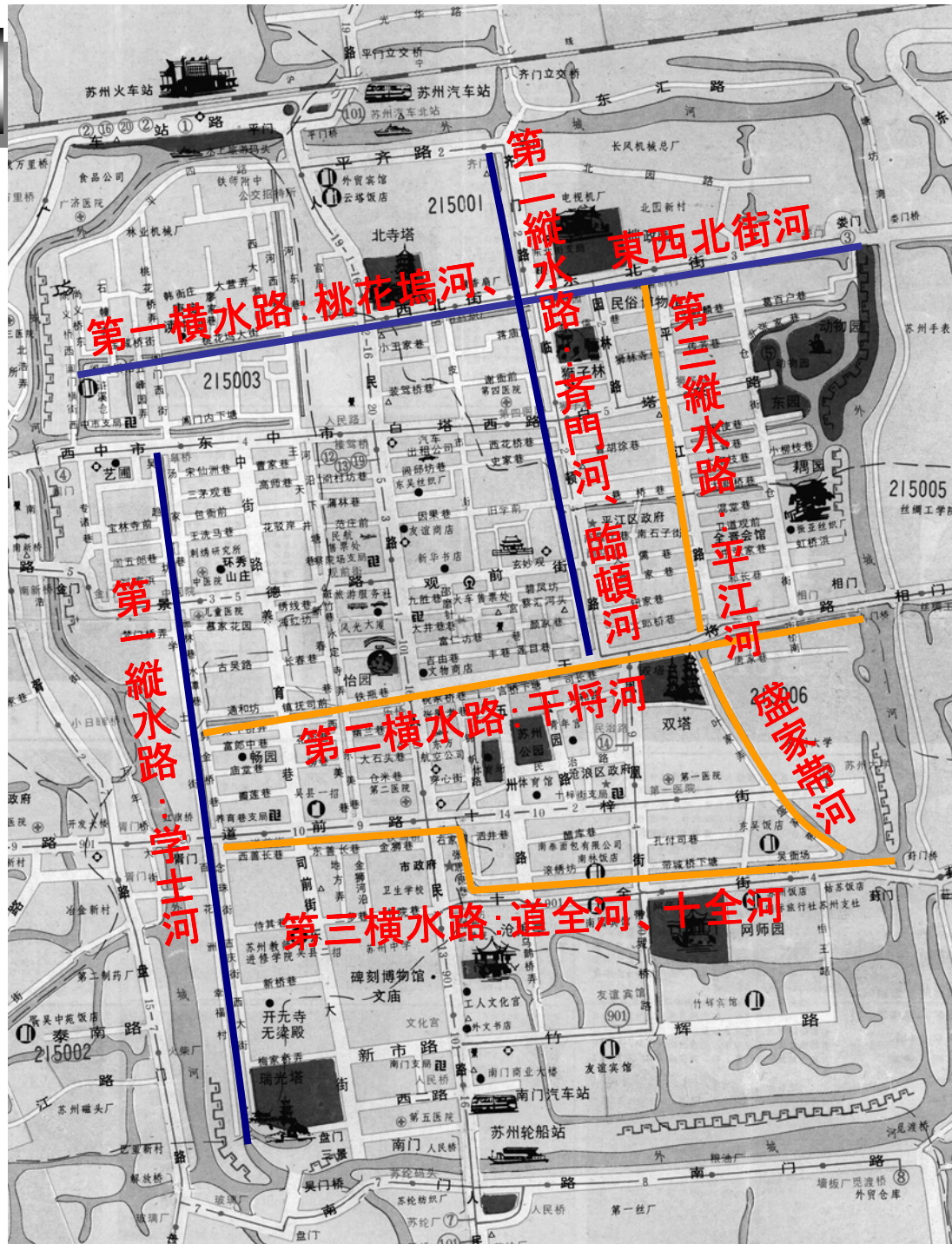
研究对象水路の確定

第一縦水路：学士河
 第二縦水路：齐門河、臨頓河
 第三縦水路：平江河、盛家帶河

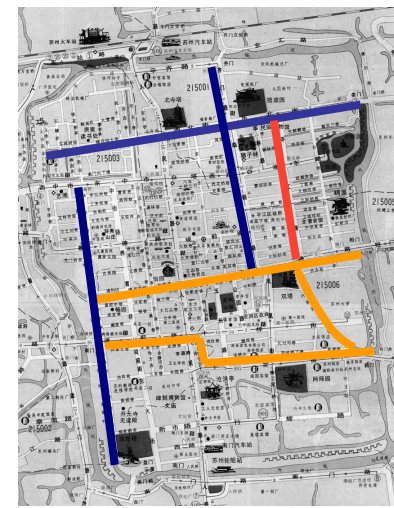
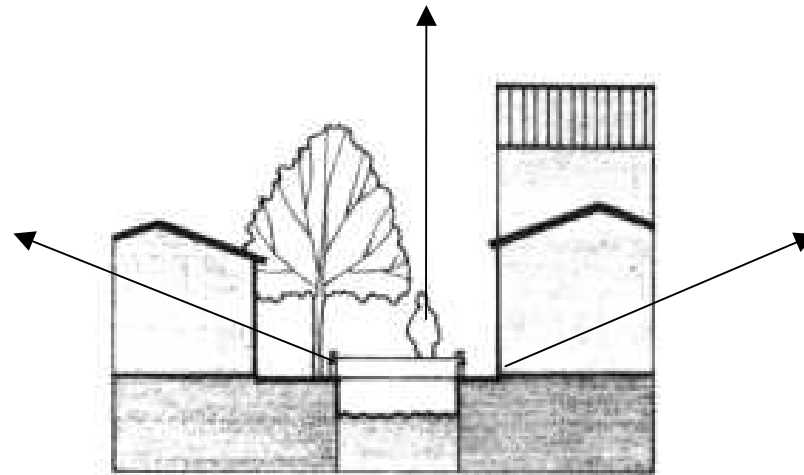
第一横水路：桃花塢河、東西北街河
 第二横水路：干将河
 第三横水路：道全河、十全河

青線： 幹線水路
 黄線： 研究对象の幹線水路

研究对象の位置図 ▶



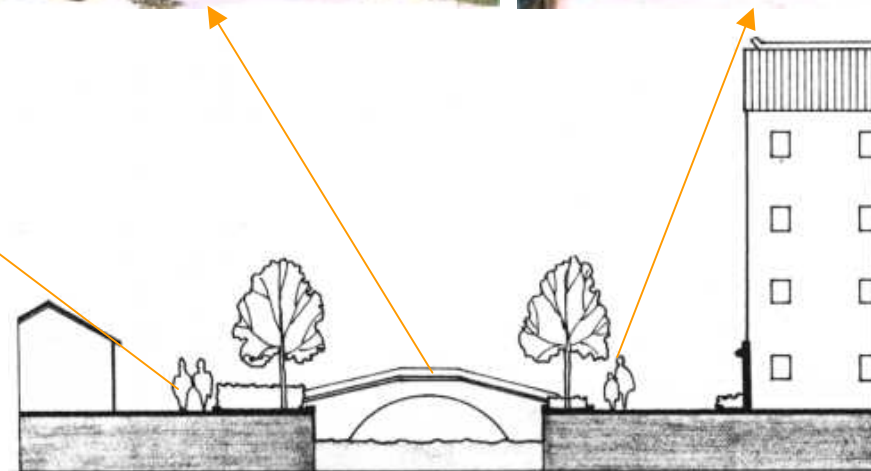
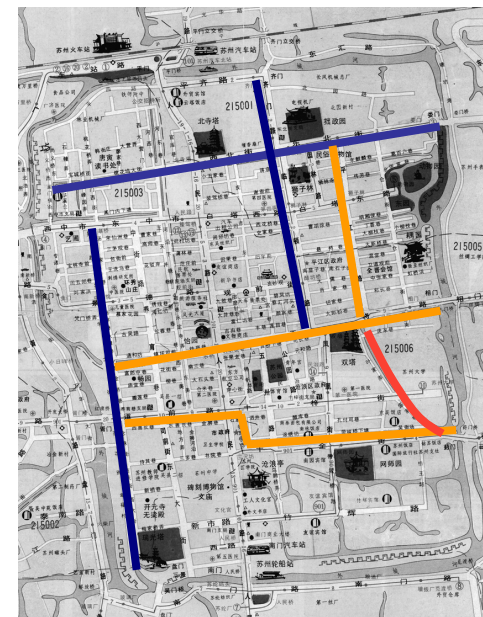
研究対象である各水路環境の背景とイメージ



歴史保存区にある、住宅は伝統的な江南四合院で、斜面屋根、一階また二階建てが多く、昔の蘇州民家の風貌が見られる。

南北方向第三縦水路北部分
平江河の断面とイメージ図

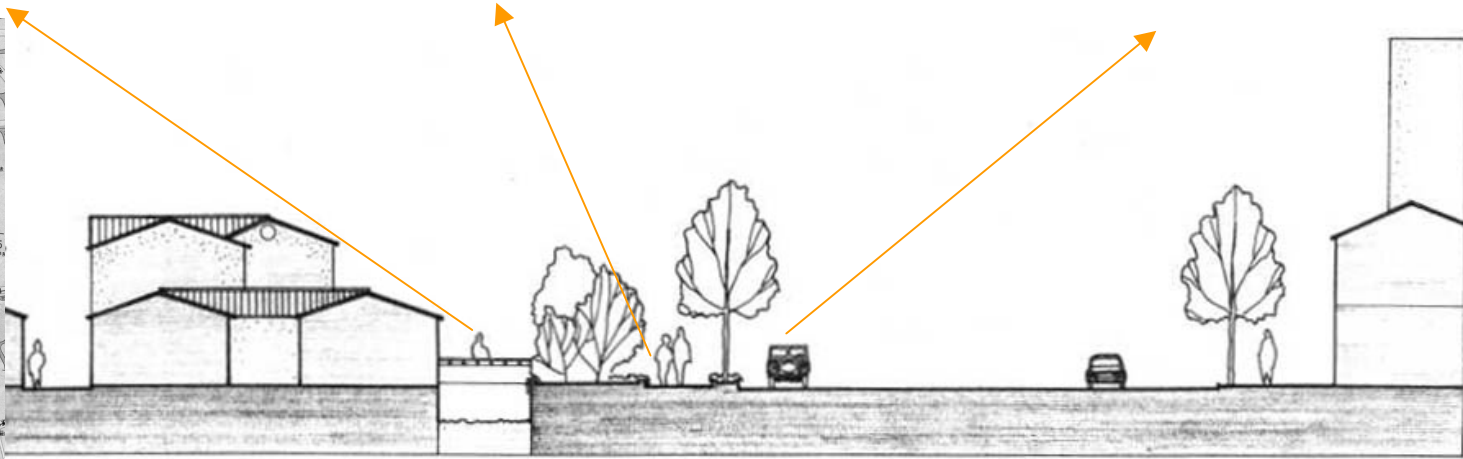
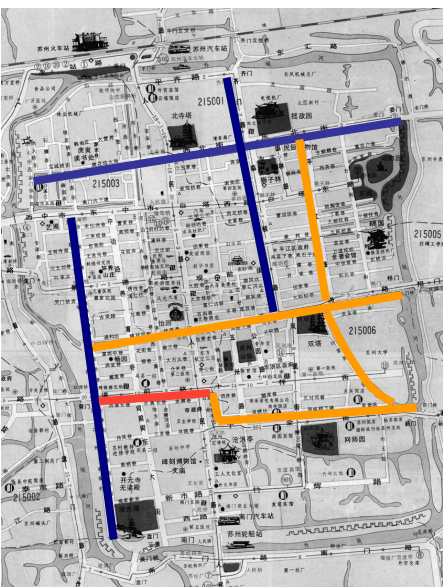
研究対象である各水路環境の背景とイメージ



南北方向第三縦水路南部分
盛家帶河の断面とイメージ図

水路西側に改造した三階または四階の新しい集合住宅が見られる。街路の幅は平江河のより広く、空間の尺度も変わった。

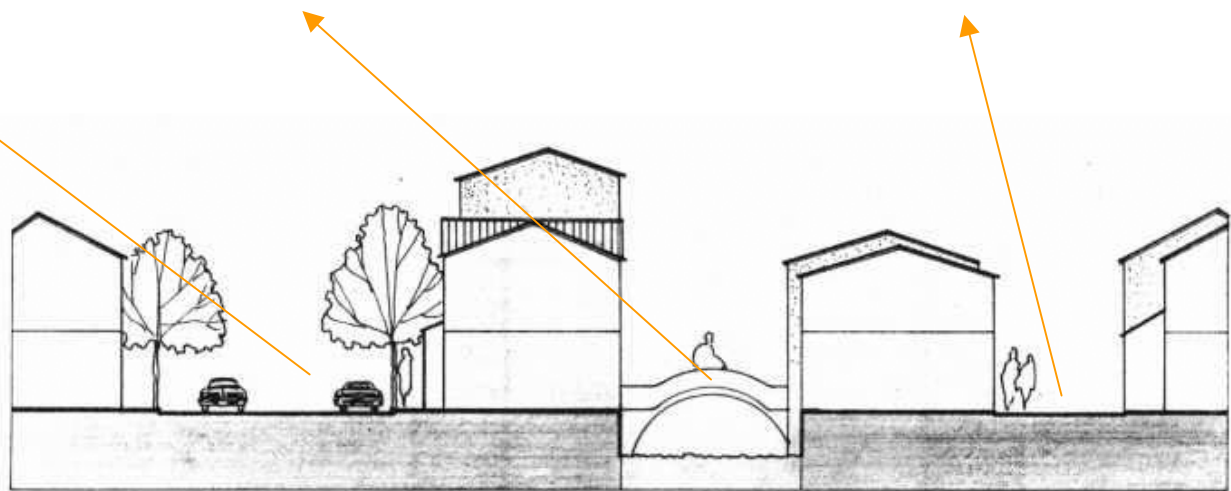
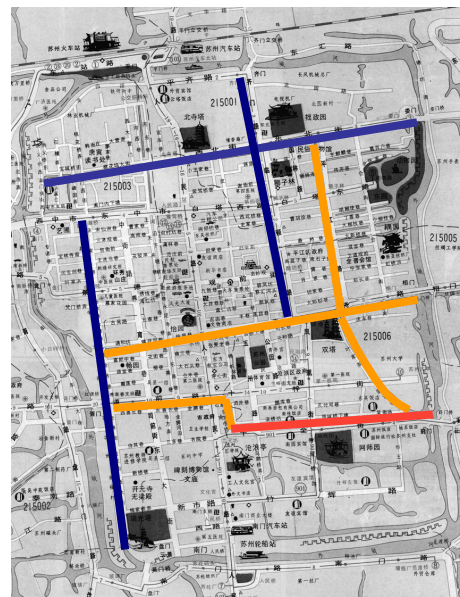
研究対象である各水路環境の背景とイメージ



東西方向の第三横水路の西部分 道全河の断面とイメージ図

水路の南側は伝統的な住宅で、水路の北側には幅12メートルの都市道路と、政府会堂、病院など都市公衆施設が建っている。都市道路と水路間の用地は、昔は住宅地であったが、現在は緑地と歩道を建設され、公衆緑地になった。

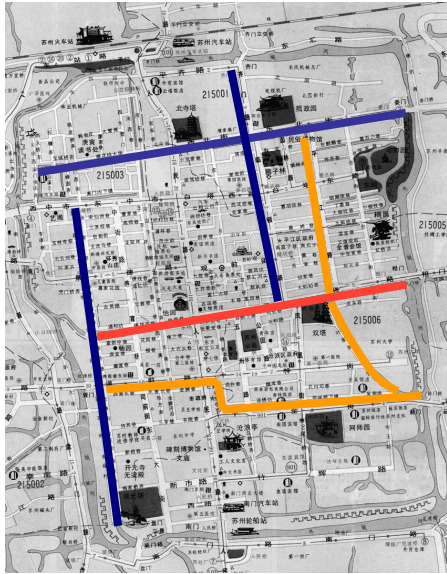
研究対象である各水路環境の背景とイメージ



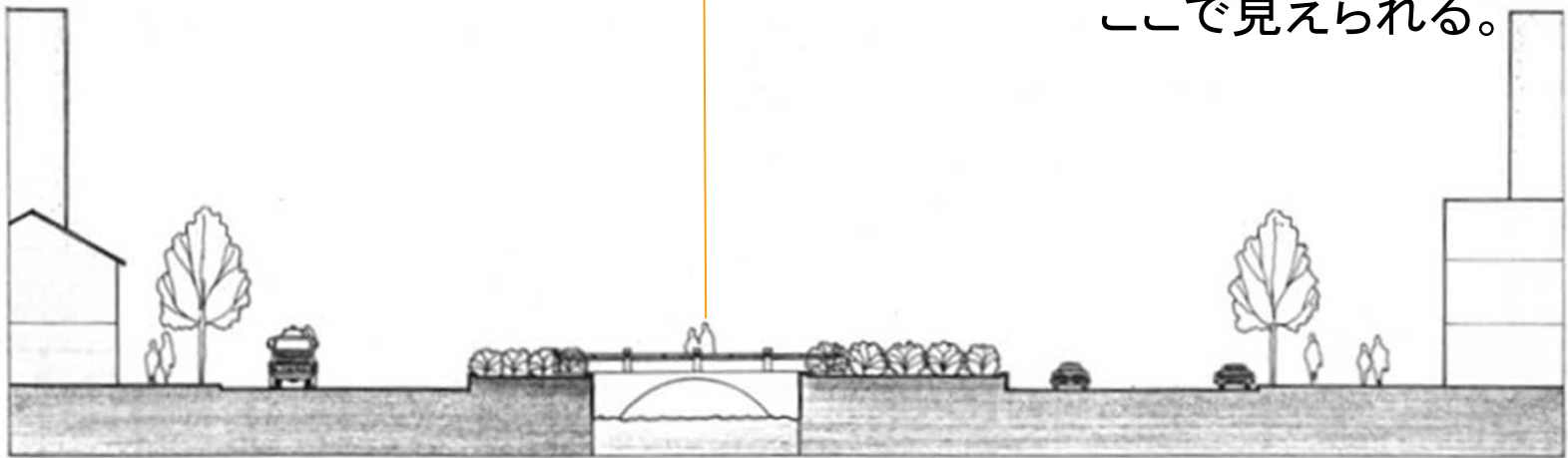
東西方向の第三横水路の東部分 十全河の断面とイメージ図

水路の南側に商店街と改造した二、三階、伝統的な形をもつ新しい店舗があり、北側には一階、二階の民家が建つ。

研究対象である各水路環境の背景とイメージ



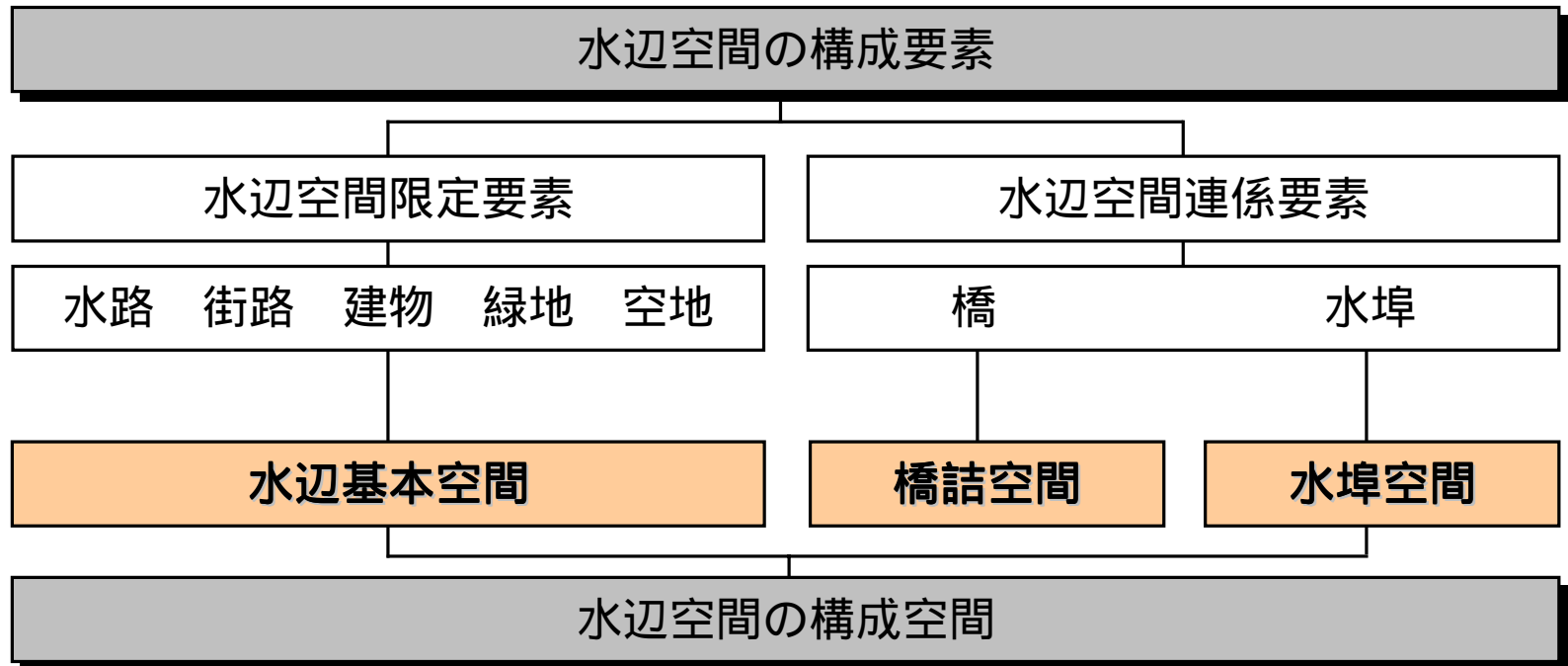
以前は埋め立てられていたが、現代蘇州の発展に合わせて再整備された新しい水路である。水路の両側に21メートルの都市幹線道路と現代ビルが建っており、道路と水路の間に緑地がある。現代蘇州の代表的な風景がここで見られる。



東西方向の第二横水路 干将河の断面とイメージ図

水辺空間の解析

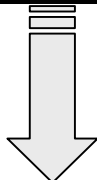
水辺空間の構成要素と構成空間の抽出



水辺空間の構成要素と水辺空間の構成空間

基本空間構成の解析

類型 I	類型 II	類型 III	類型 IV	類型 V	類型 VI	類型 VII
I 建物 水路	II 建物 街路 水路	III 建物 街路 緑地、空地 水路	IV 建物 街路 建物 水路	V 緑地、空地など 水路	VI 支水路 街路 水路	VII 緑地 街路 緑地 水路



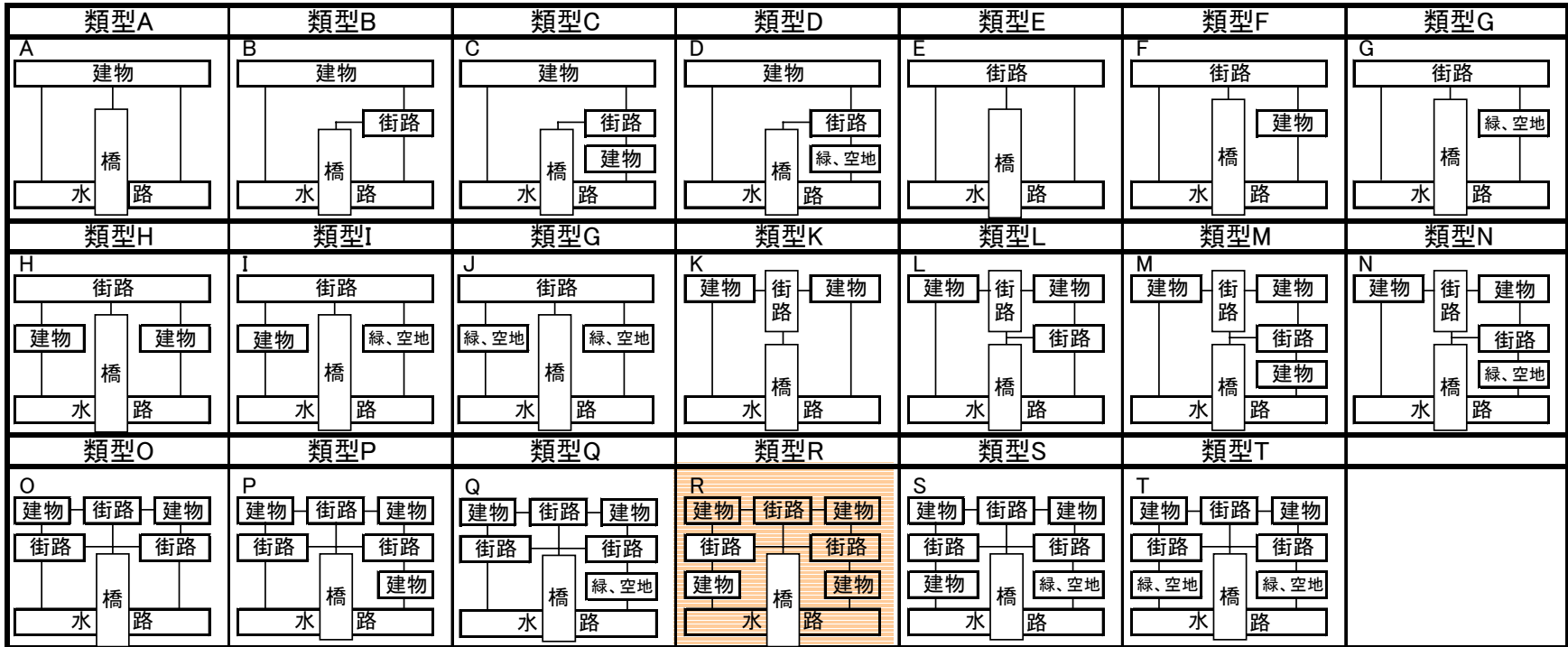
基本構成空間の類型

類型 I	I	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5
建物 水路	建物 水路	建物 水路	建物 水路	建物 水路	建物 水路	建物 水路

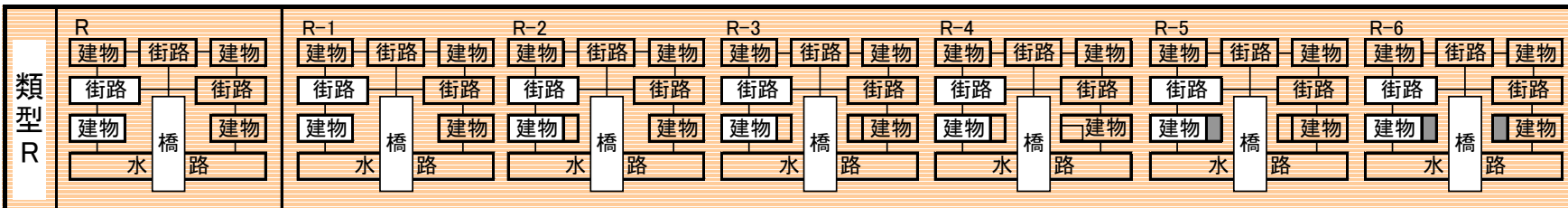
基本構成空間の類型とパタン

基本構成空間： 7種類、36パタン

橋詰空間構成の解析



橋詰構成空間の類型



橋詰構成空間の類型とパタン

橋詰構成空間： 20種類、44パタン

水埠空間構成の解析

類型a	類型b	類型c	類型d	類型e	類型f	類型g
類型h	類型i	類型j	類型k	類型l	類型m	

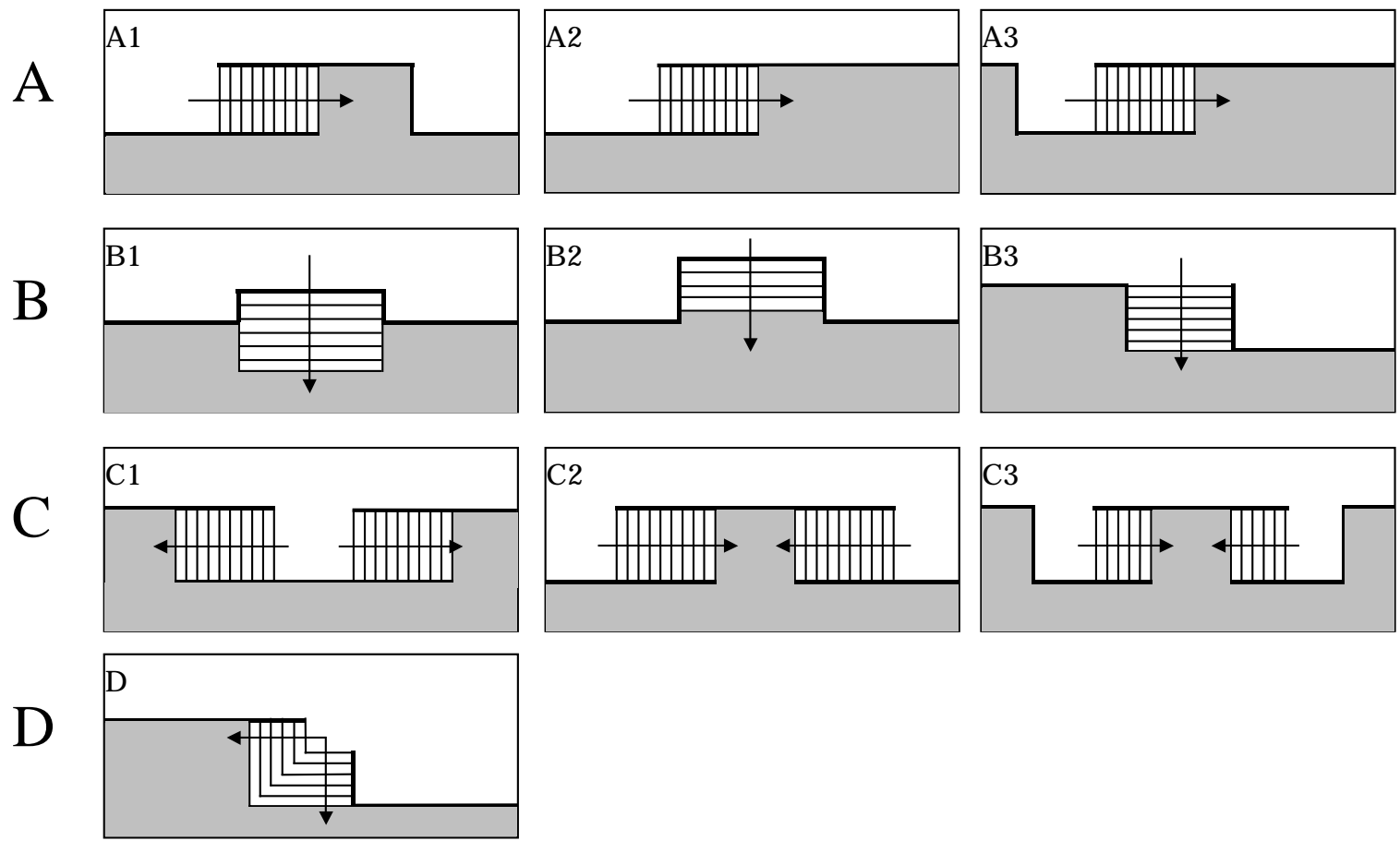
水埠構成空間の類型

類型j	j	j-1	j-2	j-3	j-4	j-5

水埠構成空間の類型とパタン

水埠構成空間： 13種類、41パタン

水埠類型の解析

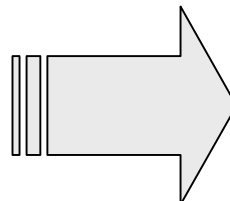
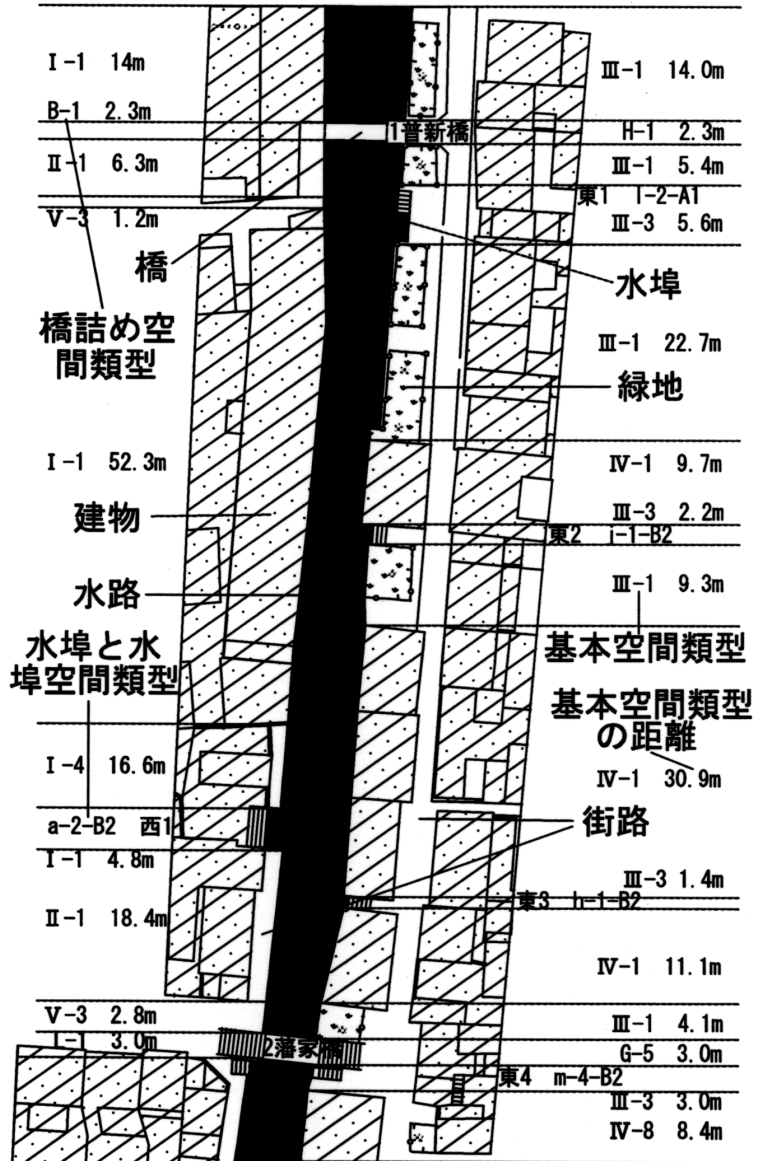


水埠類型とパターンの分類

水埠： 4種類、10パタン

水辺空間における各構成空間分布の分析

構成空間現状分布図の抽出



I-1	14.0 m	14m	14.0 m	III-1
B-1	2.3 m	1普新橋	2.3 m	H-1
II-1	6.3 m		5.4 m	III-1
V-3	橋 1.2 m		5.6 m	III-3
I-1	水路 52.3 m		東1 I-2-A1	III-1
			22.7 m	IV-1
I-1			9.7 m	III-3
I-4	水埠 16.6 m	102.4m	2.2 m	
I-1	↑ 4.8 m	橋と橋間の距離	東2 j-1-B2	III-1
II-1	a-2-B2 西1 18.4 m		9.3 m	IV-1
			30.9 m	III-3
V-3			1.4 m	
L-1			東3 h-1-B2	IV-1
			11.1 m	III-1
			4.1 m	
			東4 m-4-B2	III-1
			3.0 m	G-5
			3.0 m	III-3
			8.4 m	IV-8
II-1	77.6 m		5.0 m	III-3
			51.8 m	IV-1

▲ 各構成空間現状分布抽出図

◀ 水路平面図

各水路に関する水辺空間構成の分析

各構成空間の占有状況に関する総合分析

基本空間▶

水路別	類型とパターン	変化頻度
平江河	6種類(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ)、20パターン	16.3m/個
盛家帯河	4種類(Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ)、12パターン	18.1m/個
道全河	5種類(Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅶ)、16(17)パターン	21.0m/個
十全河	3種類(Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ)、18(19)パターン	17.8m/個
干将河	1種類(Ⅲ)、1パターン	93.2m/個

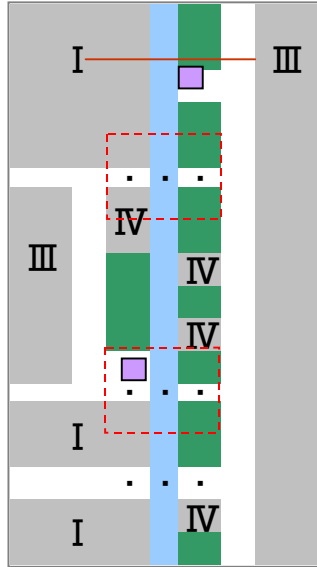
橋詰空間▶

水路別	類型とパターン	橋の出現頻度
平江河	12種類(B,G,H,I,J,K,L,M,N,Q,R,S)、18パターン	132.7m/個
盛家帯河	8類型(C,I,J,M,P,R,S,T)、9パターン	191.5m/個
道全河	6種類(H,I,J,M,R,T)、9パターン	138.0m/個
十全河	6種類(H,I,J,M,R,S,T)、13パターン	138.1m/個
干将河	2種類(J,T)、2パターン	193.6m/個

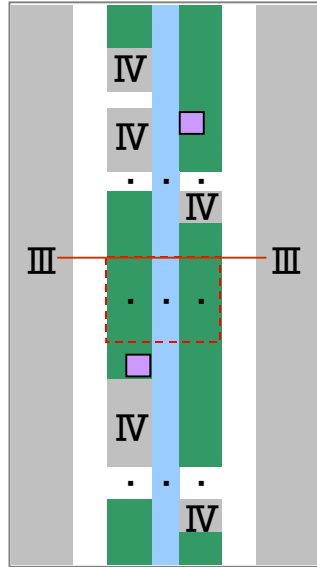
水埠空間▶

水路別	類型とパターン	水埠の出現頻度
平江河	12種類(a,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m)、26パターン	59.0m/個
盛家帯河	6種類(a,f,g,i,j,m)、13パターン	65.6m/個
道全河	6種類(a,e,f,g,l,m)、9パターン	92.0m/個
十全河	9種類(a,b,d,f,g,i,j,l,m)、14パターン	116.9m/個
干将河	2種類(g,m)、3パターン	419.5m/個

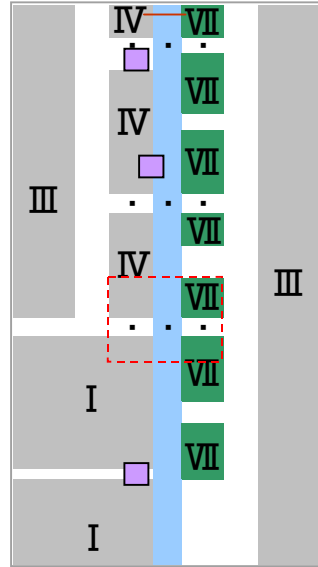
各水路水辺空間平面構成の模式と特徴



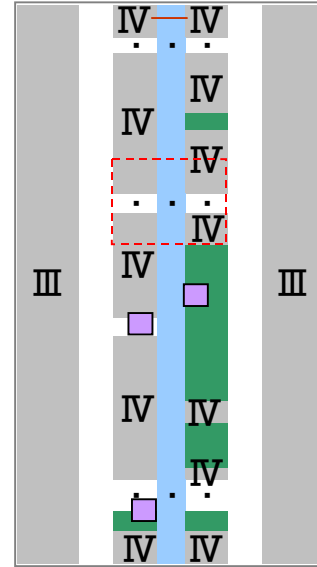
平江河



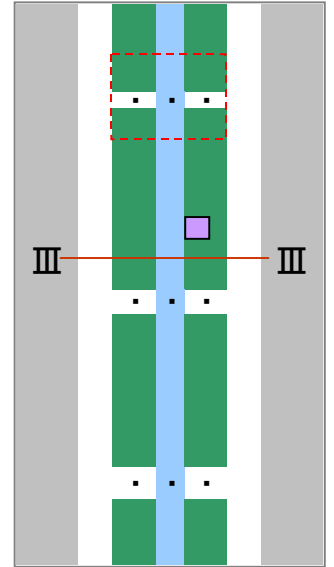
盛家帯河



道全河



十全河



干将河

基
片
両
橋
水

平江河:
両岸で、建物と緑地、空地を挟んでいる空間類型で、半閉鎖的半開放的水辺空間である。しかし、片側の建物の占有率がやや高く、一側で空地、緑地の占有率がやや高い。

盛家帯河:
両岸で、緑地一街路の空間類型で、たまに、緑地の間に建物がある。全体で開放的水辺空間である。

道前河:
片側は建物が建っている閉鎖的空間で、一方、歩道を有した開放的緑地がある。全体として、開放と閉鎖が対比的な水辺空間である。

十全河:
片側は建物が建っている閉鎖的空間で、対岸は半分が建物、残り半分が緑地と建物が交互に出現する半閉鎖半開放的空間である。全体で、主に閉鎖的水辺空間である。

干将河:
両側とも、緑地だけの空間類型であり、変化がなく、全く開放的水辺空間である。

系
建

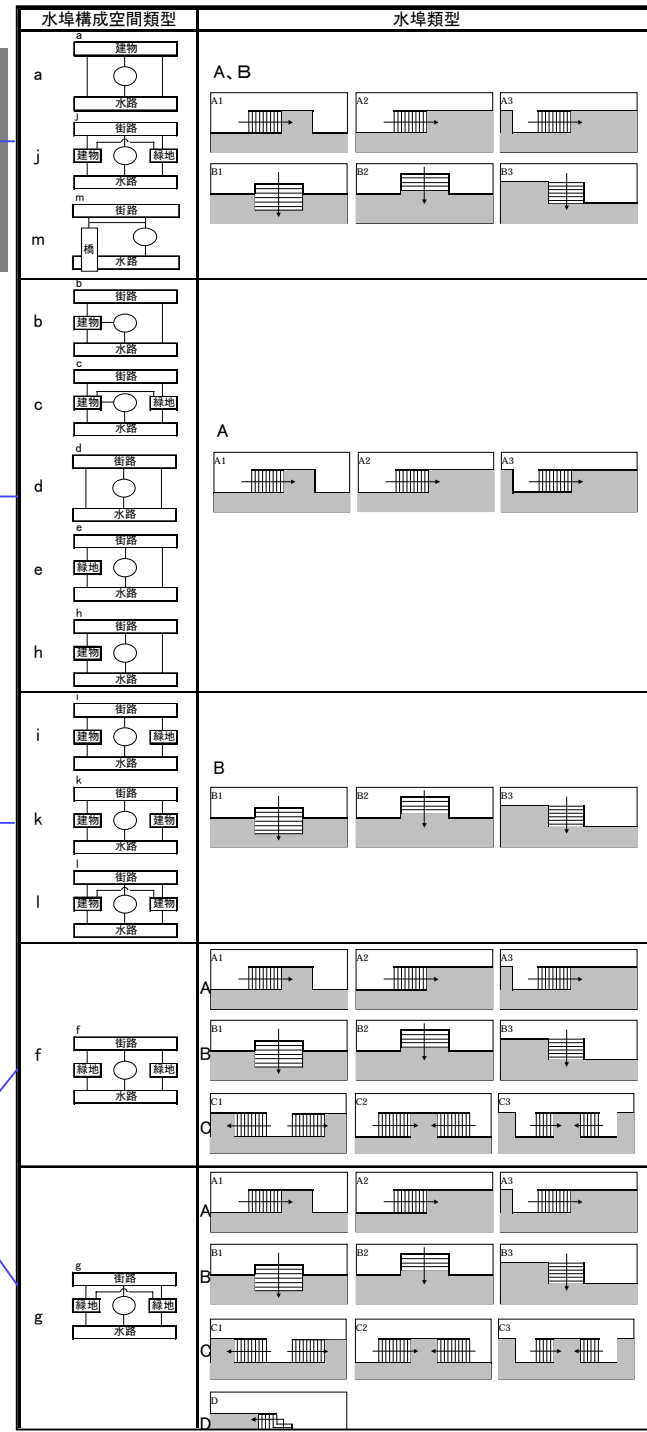
水埠と「水埠構」に関する分析

橋の隣と建物後ろの水埠：
 類型Aと類型B

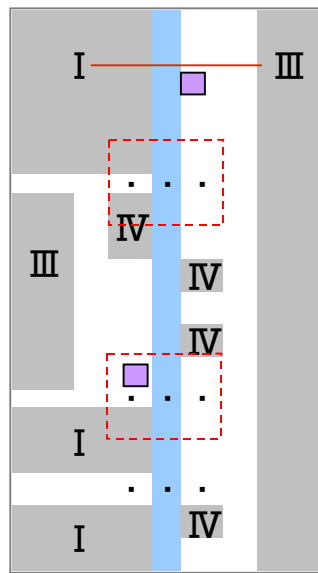
街路側の水埠：
 類型A

建物の間の水埠：
 類型B

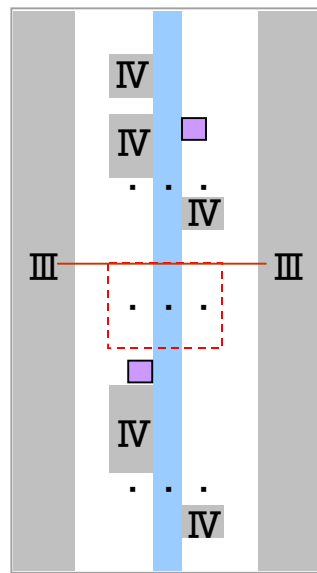
緑(空)地の中の水埠：
 様々な類型



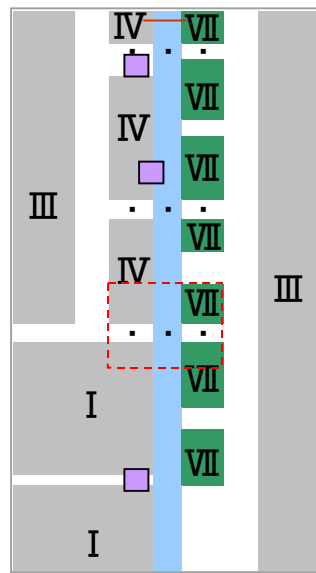
まとめ



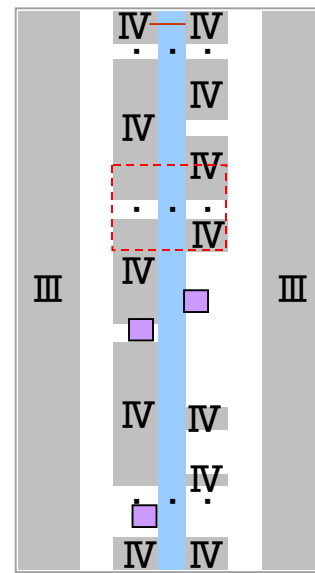
平江河



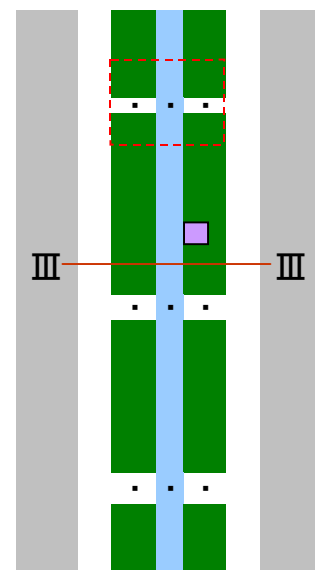
盛家帯河



道全河



十全河



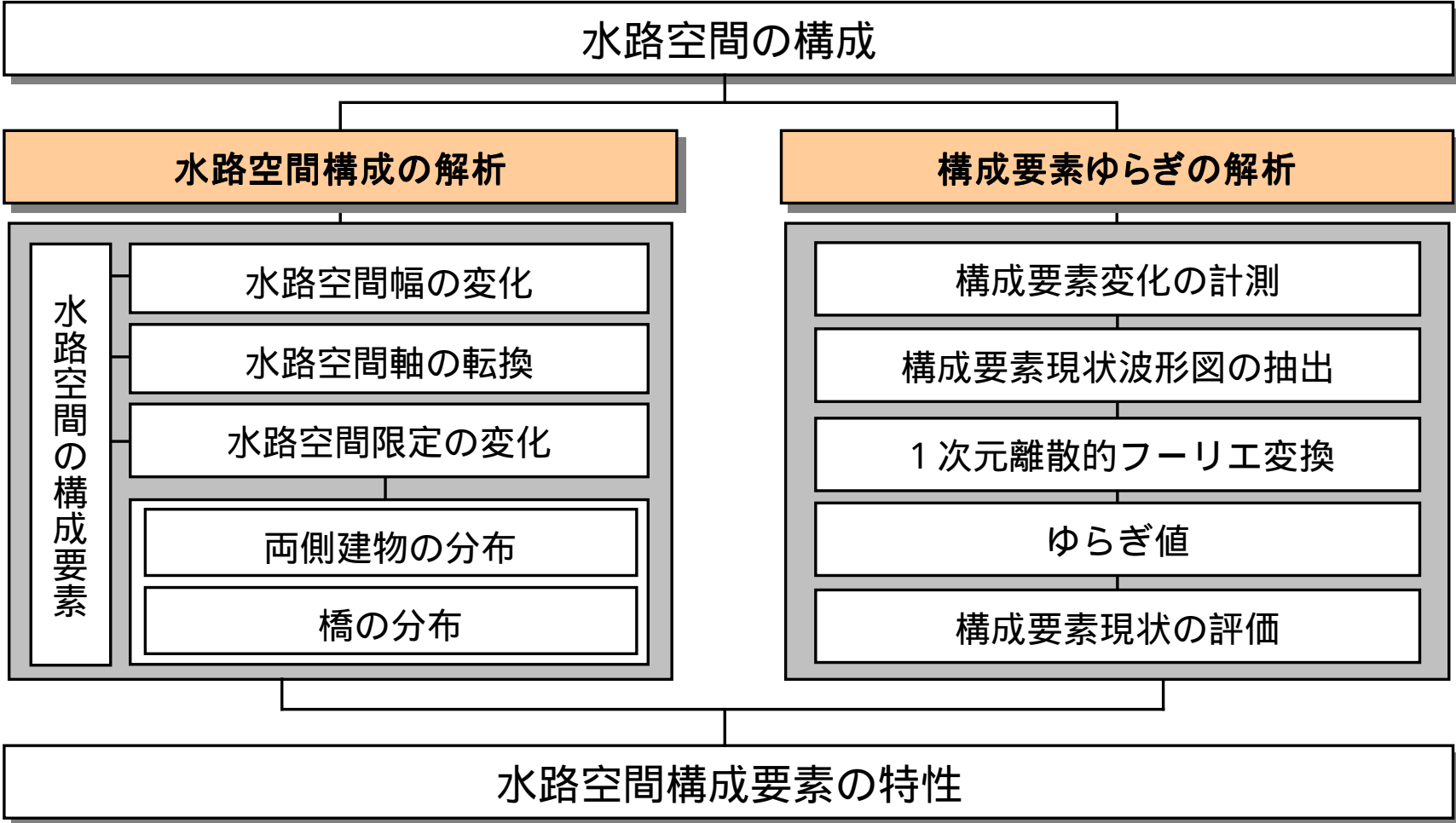
干将河

研究対象である五つの水路では、平江河、盛家帯河、道全河と十全河は種々の変化があり、各水路とも、それぞれ特徴がある。特に平江河は各方面から見ても、変化が最も豊富な水路であるといえる。干将河は変化が少なく、単調な水路である。

本章では、水路の水辺空間の平面的解析により、蘇州城各幹線水路の空間構成モードと特徴を明らかにした。これらの空間構成モードが理解されることで、歴史的な水路を整備するとき、元の水辺居住環境の特徴を保存することができると思われる。また全く新しい水路をデザインするとき、有用な知見となる。

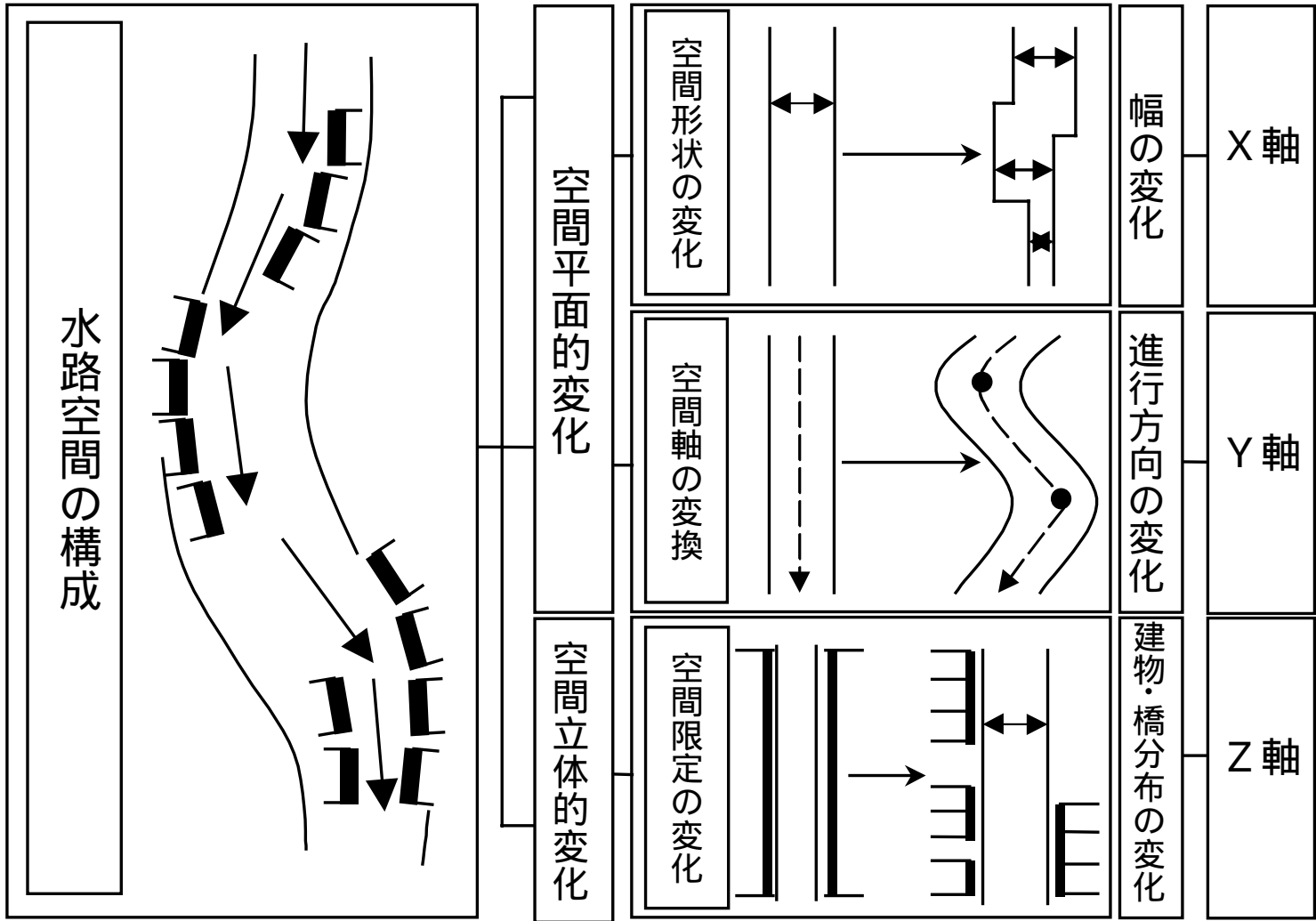
第5章 水路空間構成の解析による水路 空間変化の定量的分析と評価

研究のフロー



研究のフロー

水路空間構成の解析



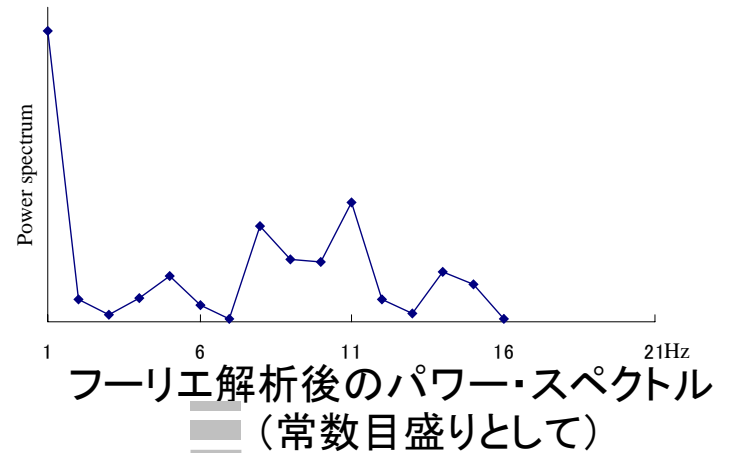
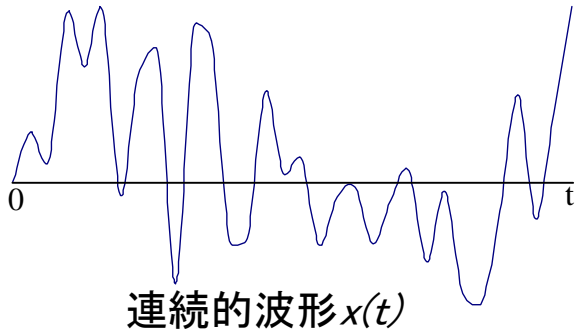
水路空間構成要素の解析

ゆらぎ解析について

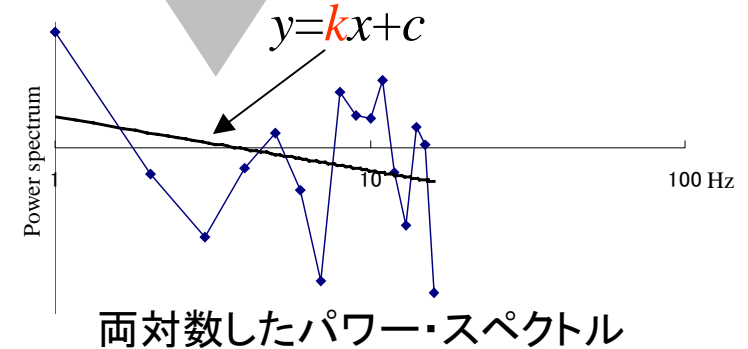
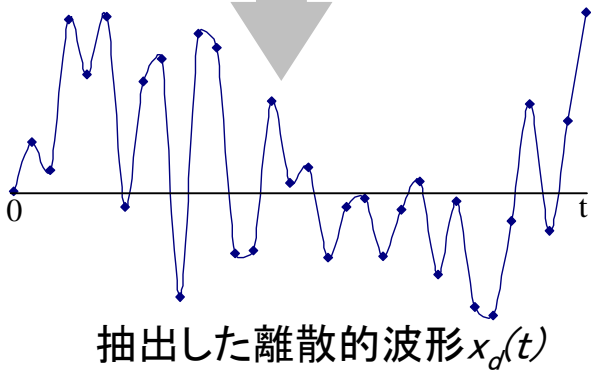
不規則変化とゆらぎ解析

ゆらぎ: 不規則な変化、予測できない変化である。

ゆらぎ解析: ある波形をいろいろな周波数に分解し、各周波数の強さ或いは各周波数が持っているパワーを解析する方法である。

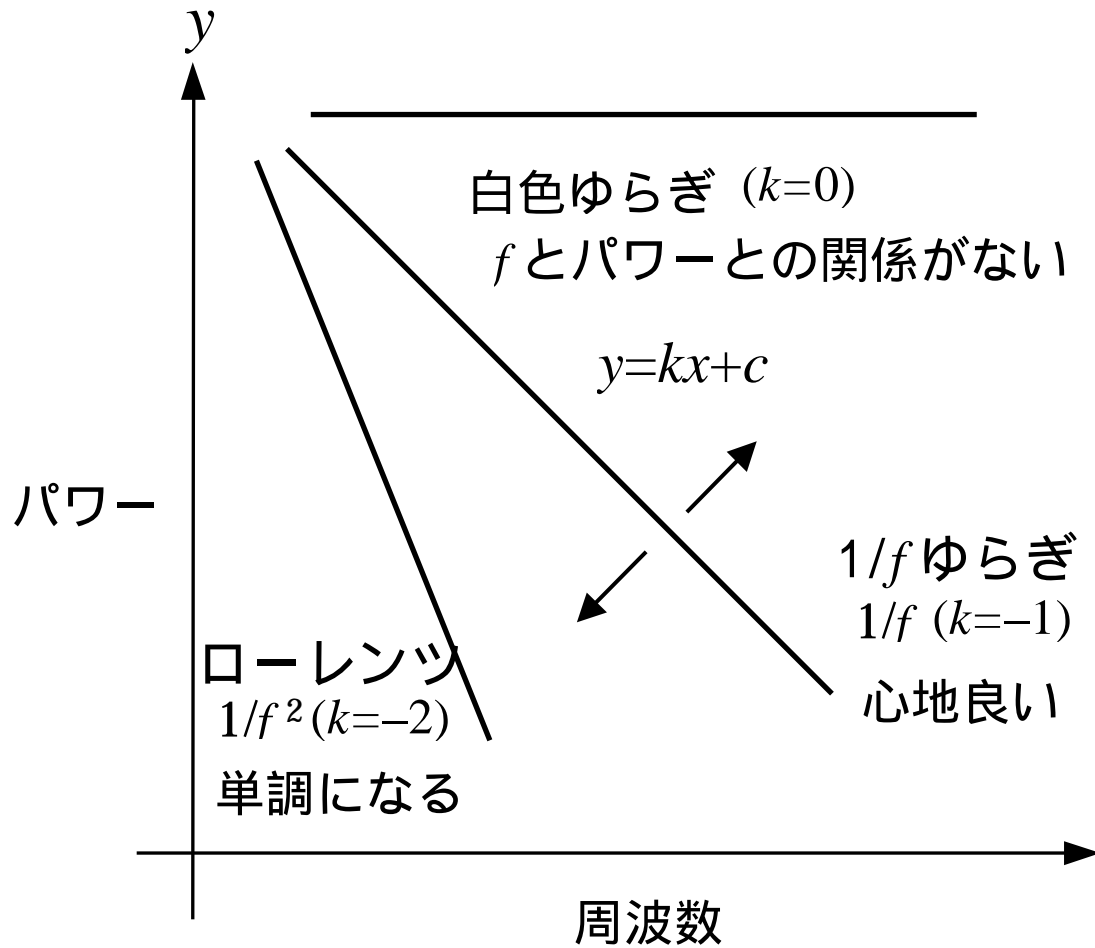


$$x(t) \Rightarrow x_d(t) \xrightarrow{FFT} a_l + jb_l (l = 1, 2, \dots, 2^n), \quad p_l = a_l^2 + b_l^2$$



波形のフーリエ解析とゆらぎの値

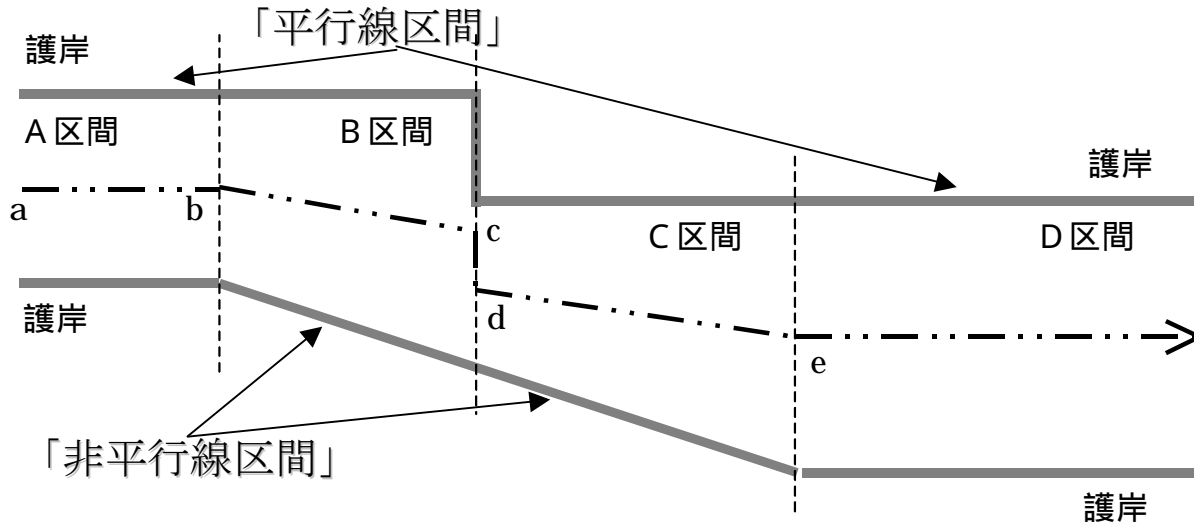
ゆらぎの値と $1/f$ ゆらぎ



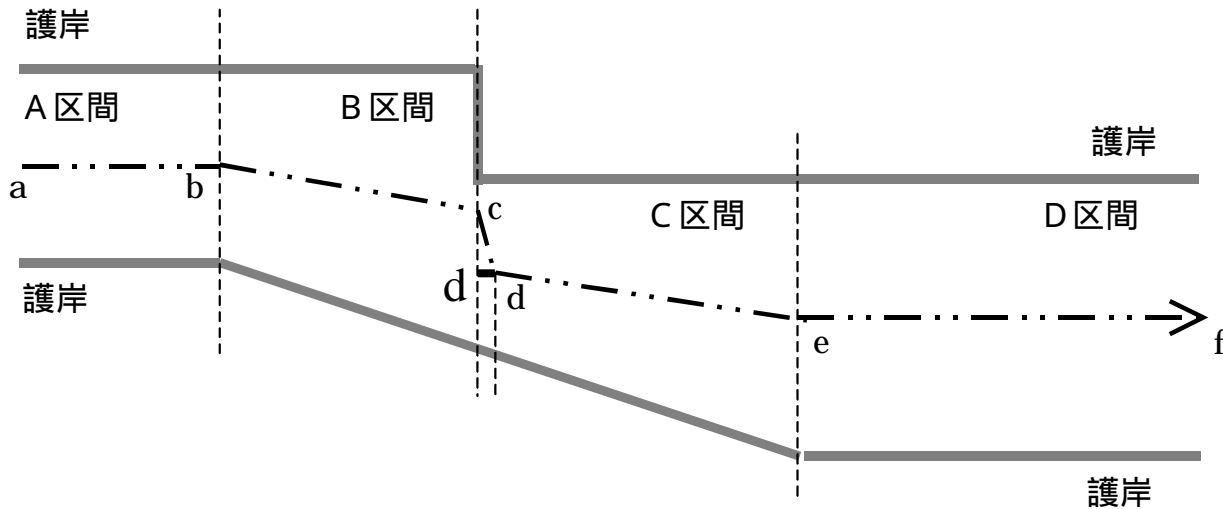
ゆらぎの値の意味

水路空間構成要素のゆらぎ解析

データの計測——中心線の求めと幅の計測

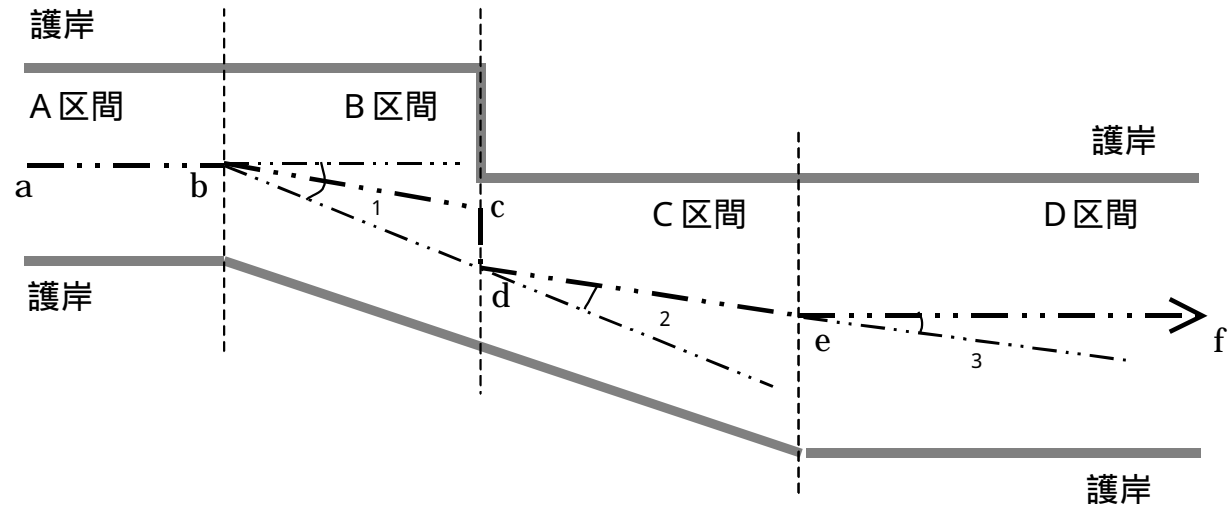


水路護岸の分類と中心線を求める方法

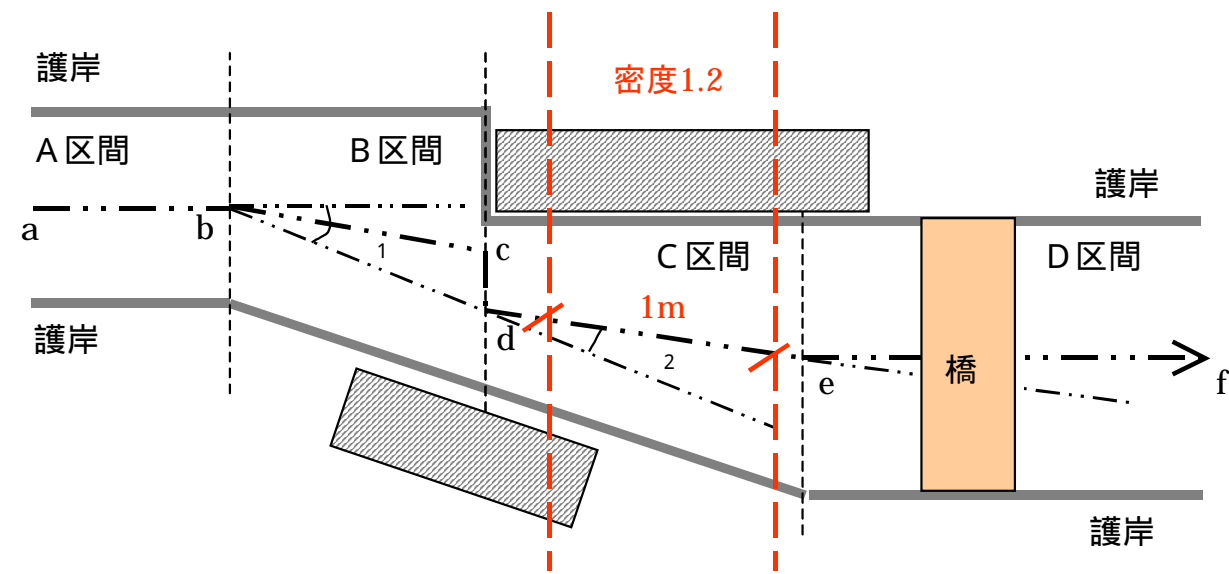


水路の幅を計測する方法とデータの処理

データの計測——進行方向の計測と建物、橋の分布密度の計測



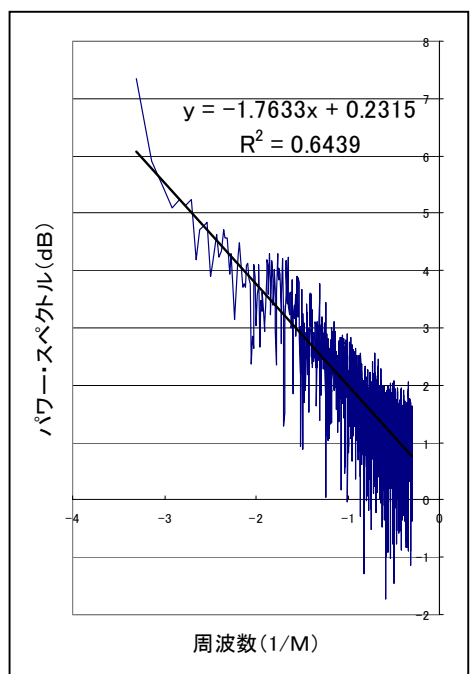
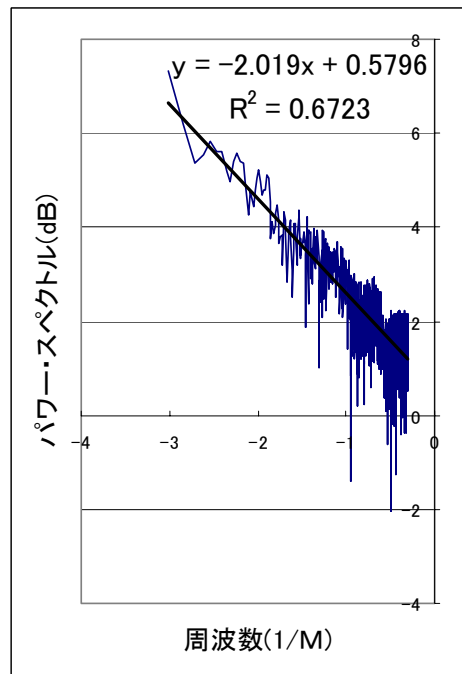
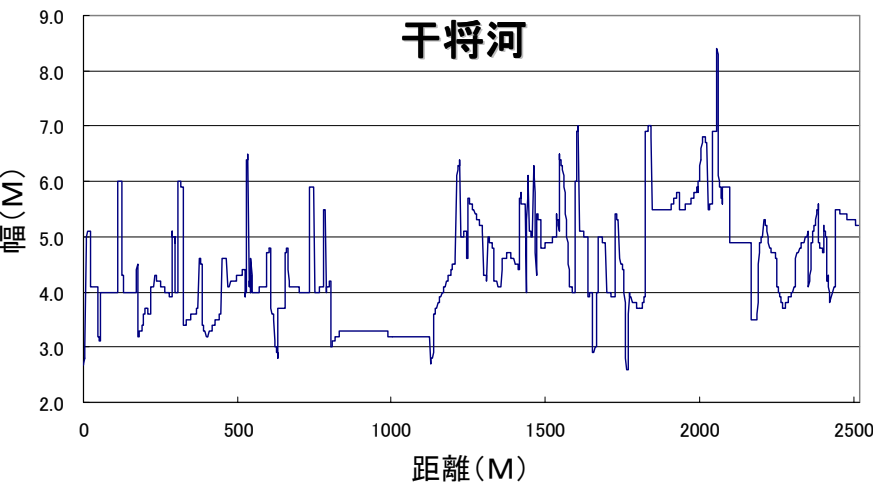
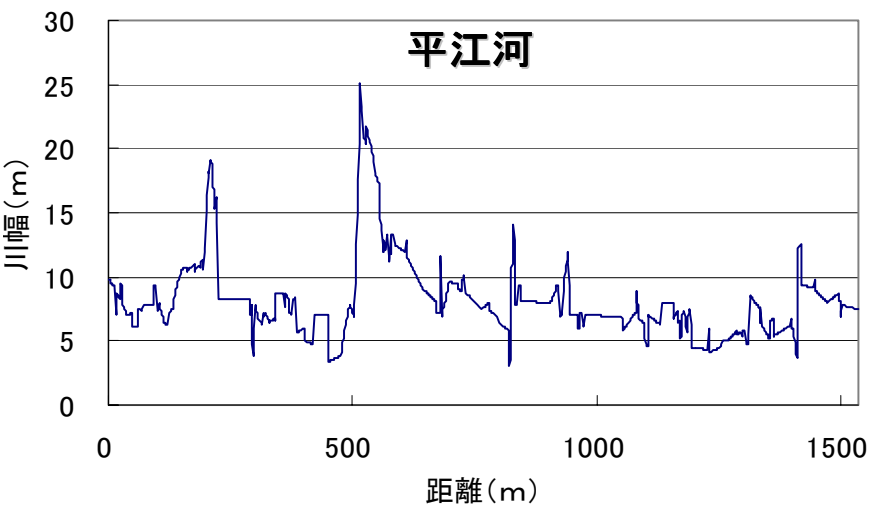
水路の進行方向を計測する方法



建物と橋の分布密度を計測する方法

各構成要素データの計測、波形図の抽出とフーリエ変換

研究対象： 歴史的な水路「平江河」と現代的水路「干将河」として、水路空間構成要素のゆらぎ解析と現状の評価、比較を行う。



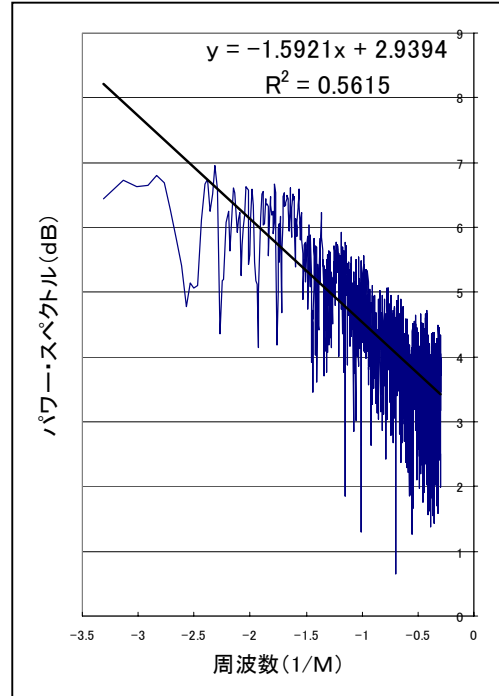
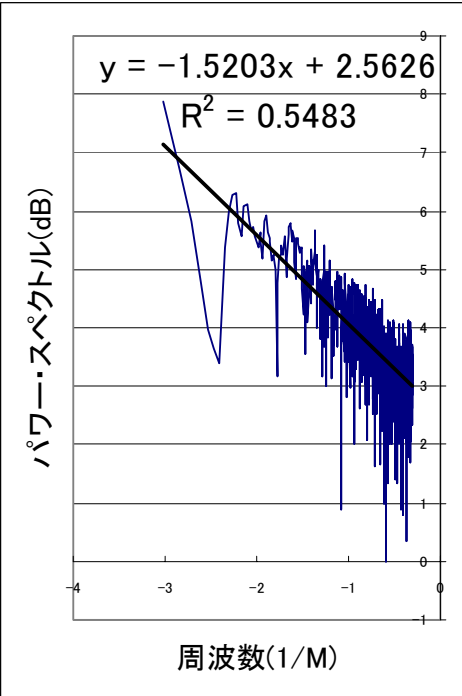
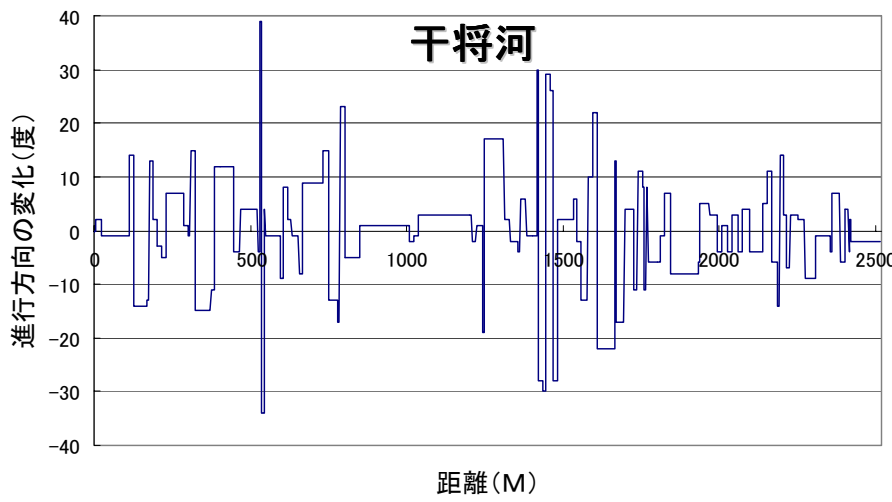
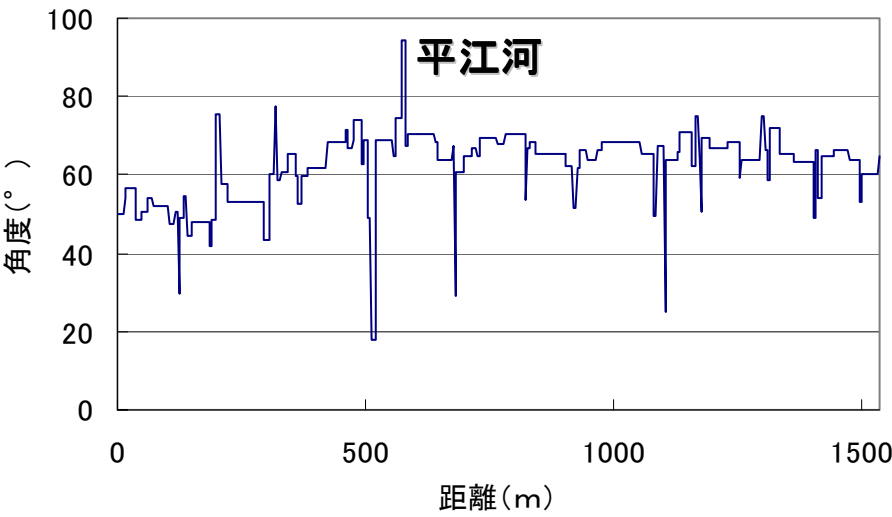
平江河

干将河

▲ 幅のパワー・スペクトル図

◀ 幅の波形図
X軸： 進行距離 (m)
Y軸： 川幅の数値 (m)

各構成要素データの計測、波形図の抽出とフーリエ変換



平江河

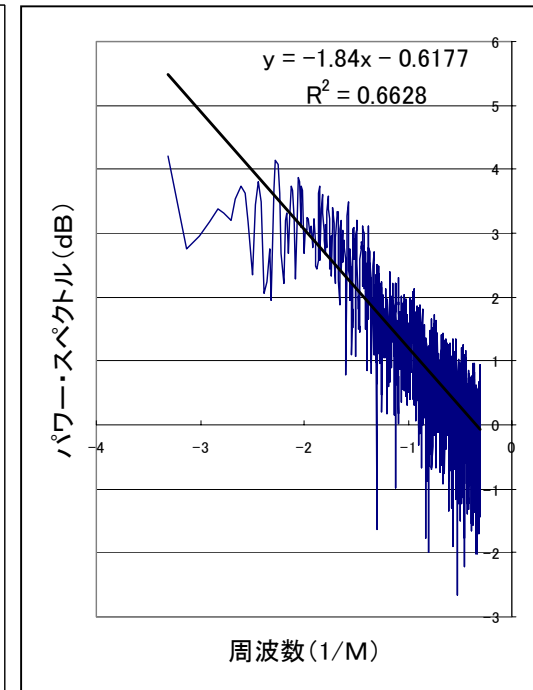
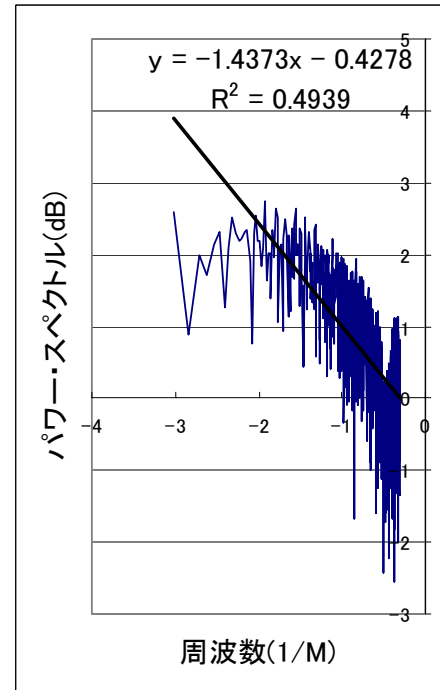
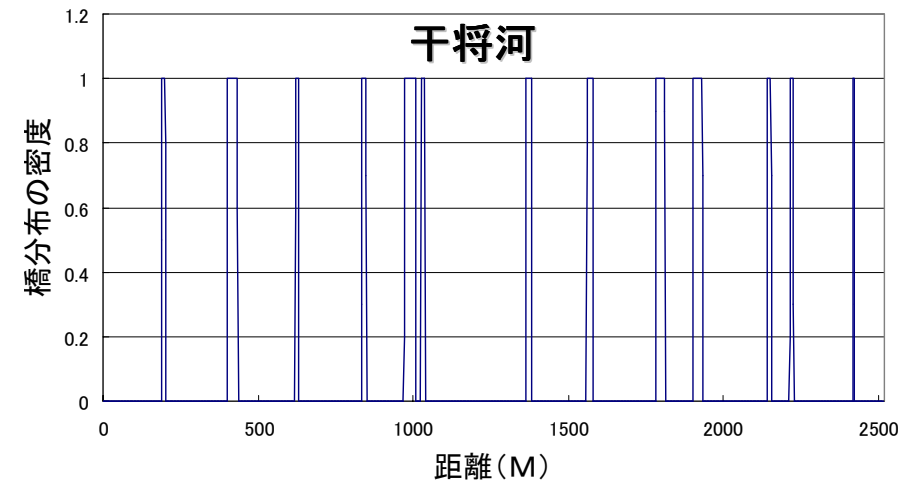
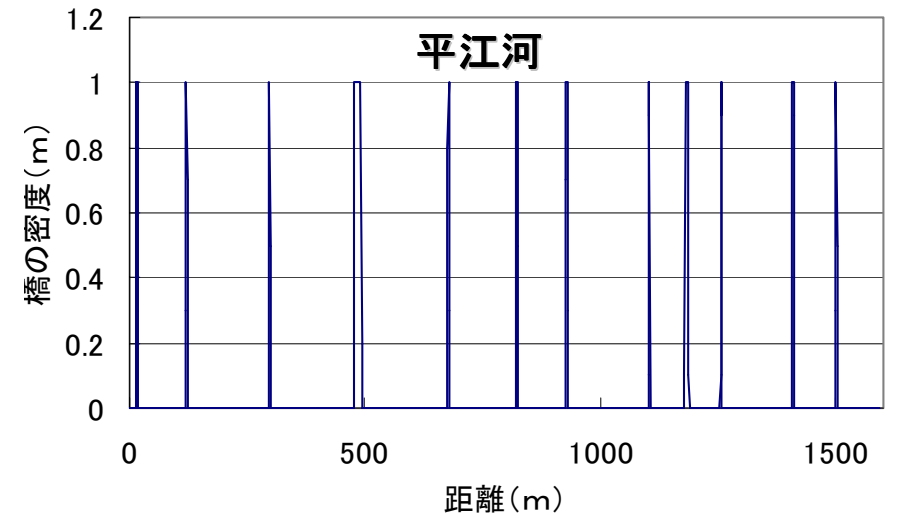
干将河

▲ 進行方向のパワー・スペクトル図

▲ 進行方向の波形

X軸: 進行距離(m) Y軸: 水路の流れ方向変化の角度数値(m)

各構成要素データの計測、波形図の抽出とフーリエ変換



平江河

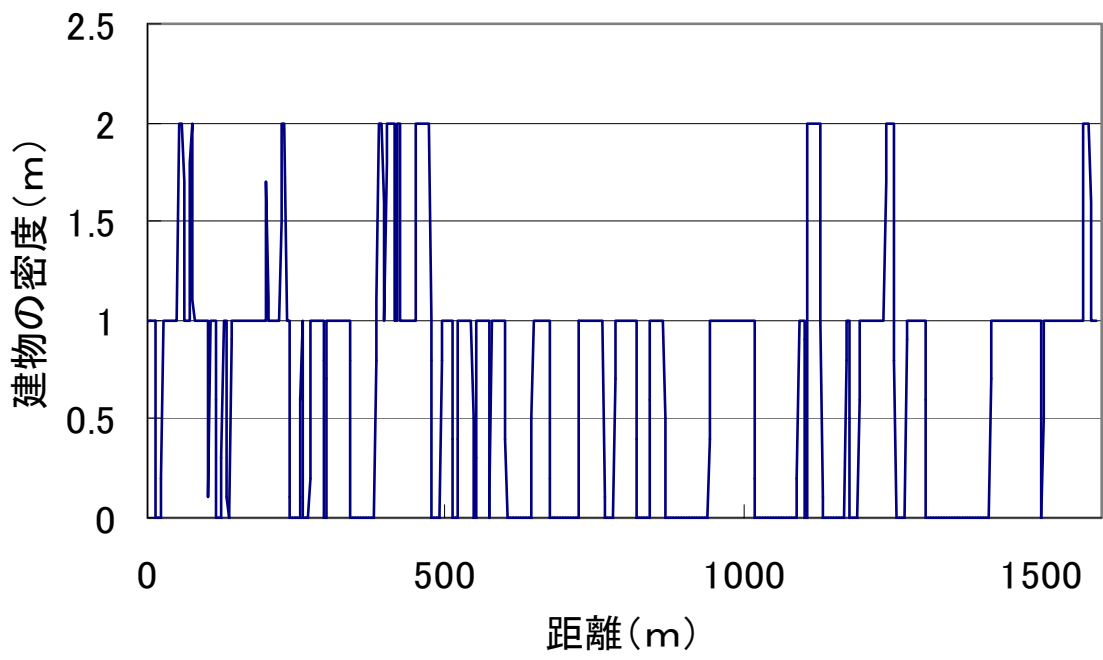
干将河

▲ 橋密度のパワー・スペクトル図

▲ 橋密度の波形図

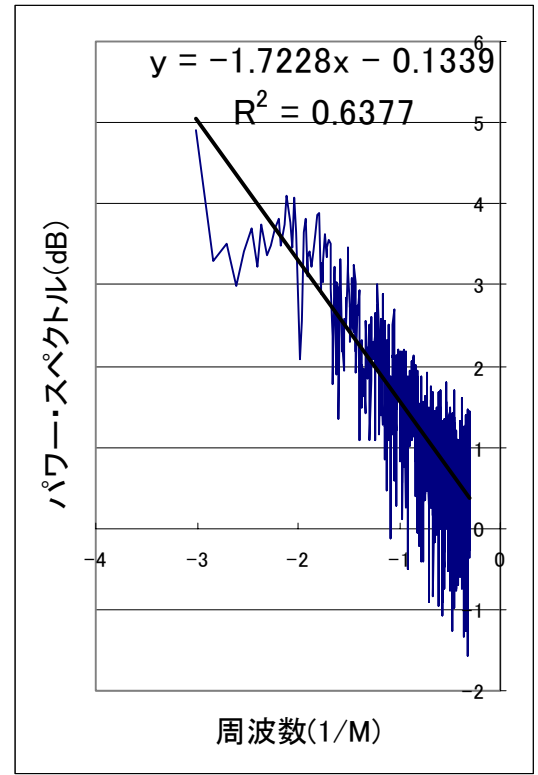
X軸: 進行距離 (m) Y軸: 橋分布密度の数値 (m)

各構成要素データの計測、波形図の抽出とフーリエ変換



建物密度の波形図

X軸: 進行距離(m) Y軸: 建物分布密度の数値(m)



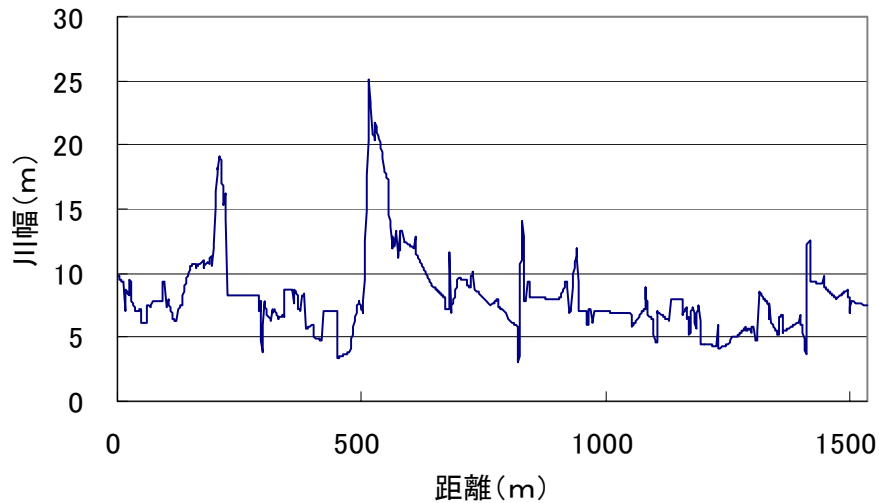
建物密度
のパワー・スペクトル図

平江河

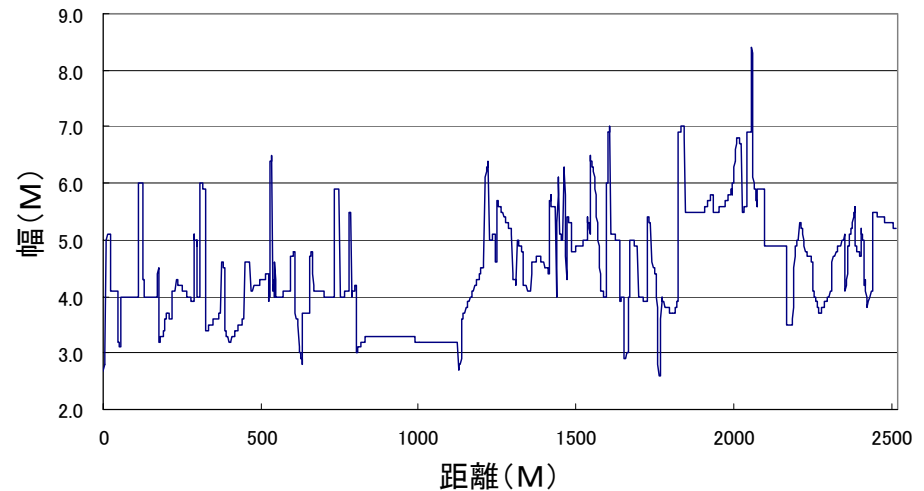
各水路ゆらぎ解析の比較と評価

構成要素	平江河	干将河
幅	-2	-1.8
進行方向	-1.5	-1.6
橋分布の密度	-1.4	-1.8
建物分布の密度	-1.7	

各水路各構成要素のゆらぎの値



平江河

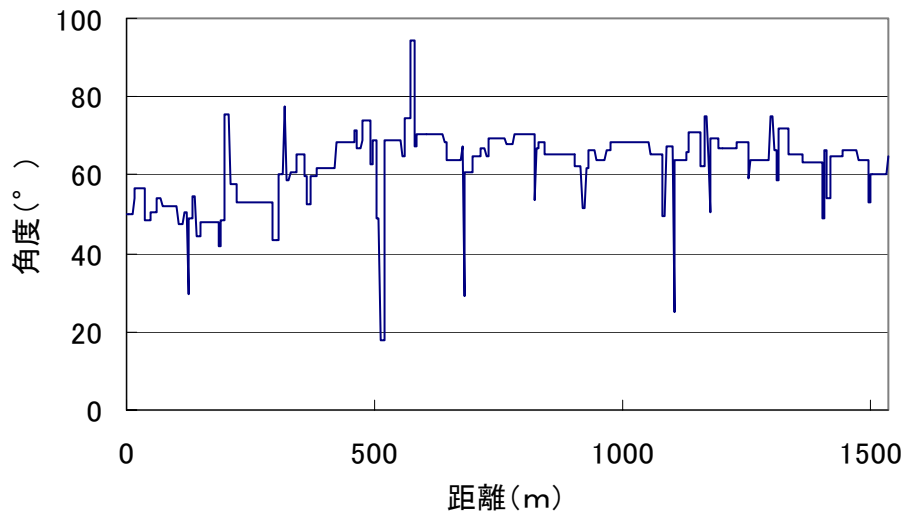


干将河

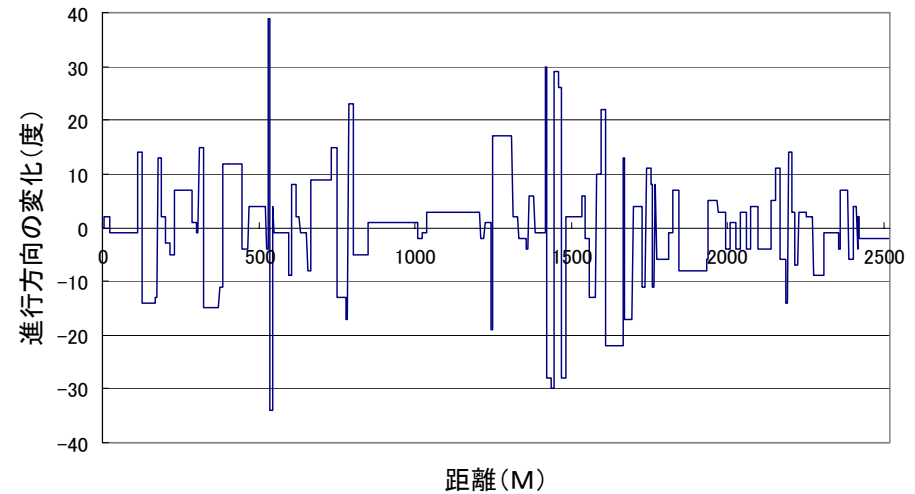
各水路ゆらぎ解析の比較と評価

構成要素	平江河	干将河
幅	-2	-1.8
進行方向	-1.5	-1.6
橋分布の密度	-1.4	-1.8
建物分布の密度	-1.7	

各水路各構成要素のゆらぎの値



平江河

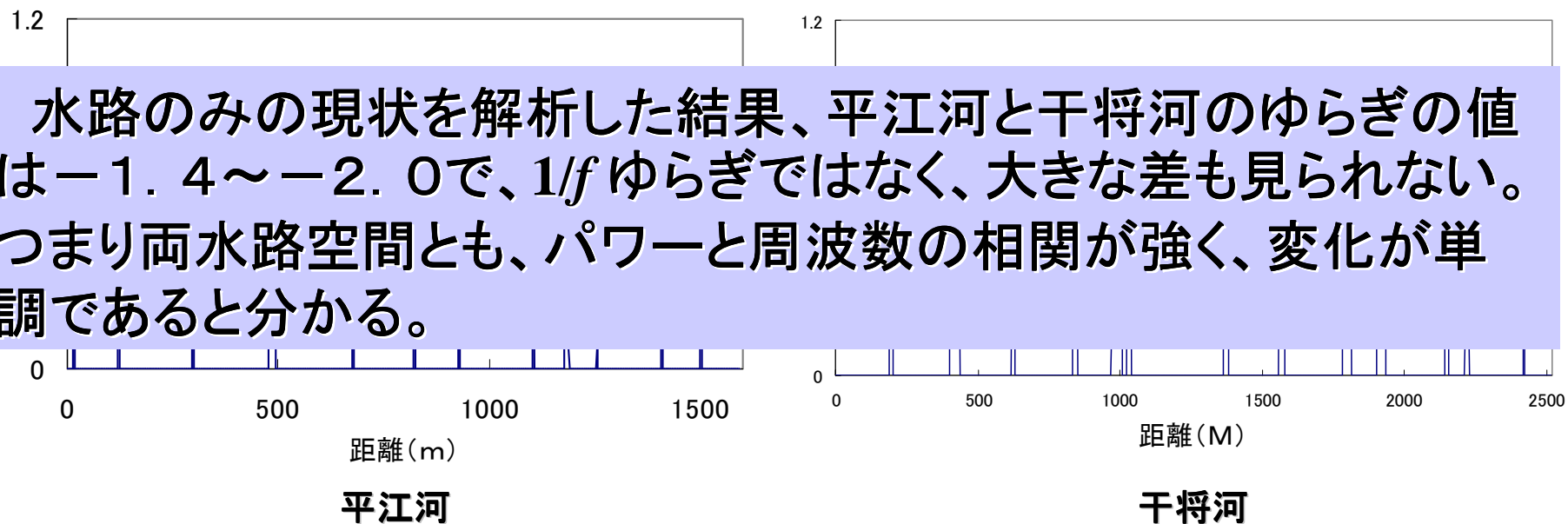


干将河

各水路ゆらぎ解析の比較と評価

構成要素	平江河	干将河
幅	-2	-1.8
進行方向	-1.5	-1.6
橋分布の密度	-1.4	-1.8
建物分布の密度	-1.7	

各水路各構成要素のゆらぎの値



分析方向の再考

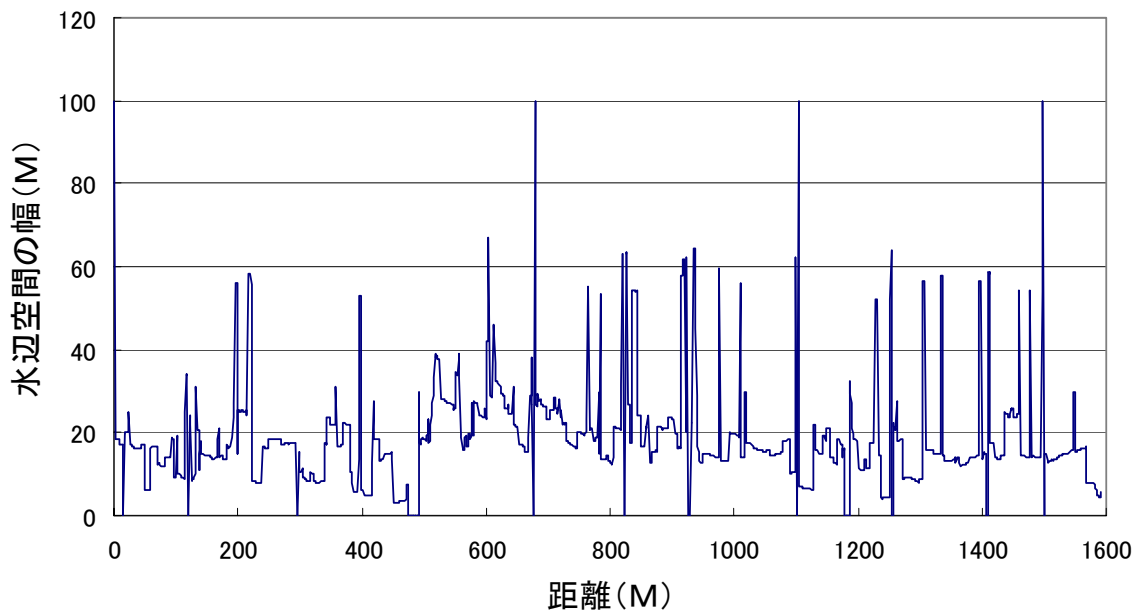


◀ ・歴史地域の水路空間



・新しく建設された水路空間 ▶

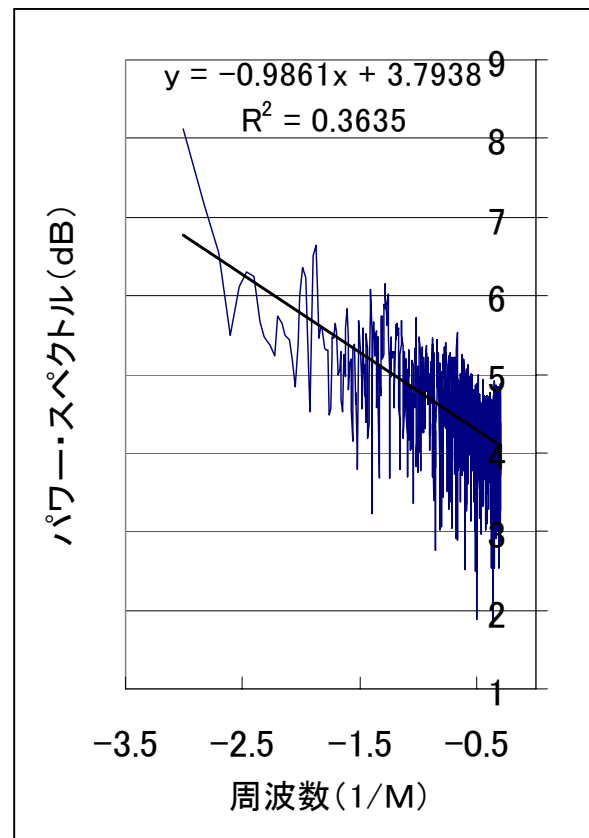
平江河 水辺空間に関するゆらぎ解析と評価



▲ 平江河 水辺空間の幅の波形

X軸: 進行距離(m) Y軸: 水辺空間の幅(m)

平江河 水辺空間幅のパワー・スペクトル図▶

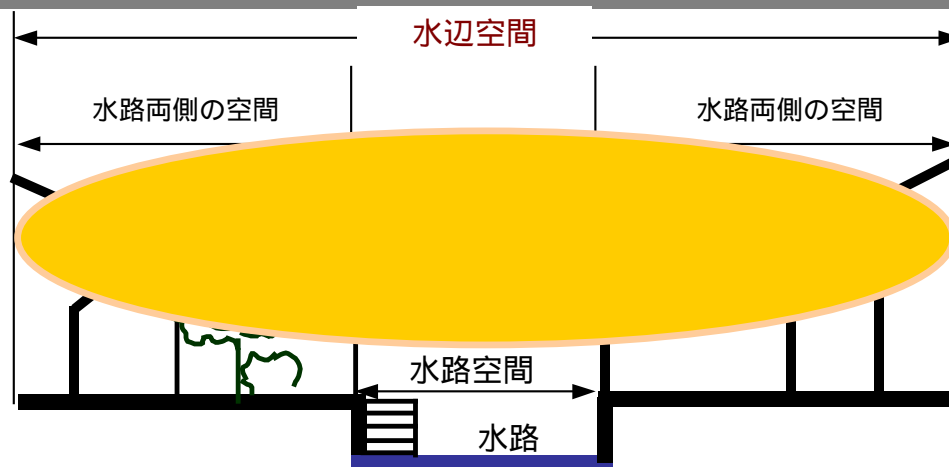


平江河の水辺空間幅のゆらぎの値は-0.98で、-1に近づき、「1/f ゆらぎ」の変化といえる。すなわち、平江河の水辺空間幅の変化は良く、適度な意外性と期待性を持っており、調和的な変化で、人間に「心地よい」韻律感を与える。その分析結果は現場で受けた良い韻律感、好感と見事に一致している。

まとめ

本章では、水郷都市蘇州における水路の中で最も注目されている平江河と干将河を分析対象にし、その水路空間と水辺空間の構成要素のゆらぎ解析を行なった。分析結果として、水路空間より**水辺空間の変化**は理想値に近いゆらぎの値を有することから、水辺空間の変化が $1/f$ ゆらぎであり、「美しさ」と「快適感」を持つことが明らかになった。

その分析結果によって、水路は人間に与える影響が水路空間ではなく、水路と水路両側の建物、街路などから構成した**水辺空間**であるということが明らかになる。したがって、水郷環境の整備をする際は、水路、護岸の修繕、建物の改造という単純な要素だけの整備ではなく、最も重要なのは水路と周辺各要素の関係、水路の断面空間構成という水辺空間の変化である。これは、干将路で不足するところである。



第6章 $1/f$ ゆらぎによる水路空間構成要素の定量調整法

はじめに

背景 前章では、ゆらぎ分析によって、水路空間構成要素の特徴と現状を定量的把握、評価することができた。しかし、水郷の都市計画と都市発展において、現存する水路空間、特に歴史的な水路空間が再整備される際、主な課題となるのは

- (1) その空間の特徴を如何にして保持するか
- (2) 空間の変化が $1/f$ ゆらぎ特徴を有しないとき、その空間をどう調整すれば、最も自然らしく心地よくなるかの2点である。

つまり、現状の空間要素を、必要に応じて調整する方法は重要な研究課題と考えられる。

目的 本章は、ゆらぎの値を調整することにより、理想的な $1/f$ ゆらぎを持つ、水路空間構成要素を作り出す方法を提案する。

研究の流れ

1. 要素現状特性を保持する

- 元の波形の位相を利用する。

2. $1/f$ ゆらぎ特性への変換する

- $k' = -1$ の新しいパワーをもとめる。

3. $1/f$ ゆらぎ特徴を持つ新しい波形を得る

- 元位相と新たなパワーを用いて、新しいデータが得られる。
逆フーリエ変換にかけ、 $1/f$ ゆらぎ特性をもつ理想な波形 $W(t)$ が得られる。

4. 各成分を利用するの再調整

- 直流成分と切片の再調整により、様々なニーズを応じしながら、理想的な水路空間構成要素の波形を得ることができる。

研究の方法

1. 要素現状特性の保持——元の波形の位相の求める方法

$$W(t) \xrightarrow{FFT} a_l + jb_l (l=1,2,\dots,2^n),$$

$$p_l = a_l^2 + b_l^2$$

$$\theta_r = \cos^{-1} \frac{a_l}{\sqrt{p_l}}, \theta_i = \sin^{-1} \frac{b_l}{\sqrt{p_l}}$$

—— θ_r は実数部分の位相で、 θ_i は虚数部分の位相である。

研究の方法

2. 1/f ゆらぎ特性への変換

——1/f ゆらぎである新しいパワーの求める方法

新しいパワーを $p'_l = c'(p_l)^{\frac{1}{k}}$ で求める。求め得たニューパワー p'_l からなるパワー・スペクトルの回帰近似直線 $y = k'x + c''$ の傾き k' は -1 であるから、新しいパワー・スペクトルは 1/f ゆらぎであることが分かる。

c' は定数で、 $c'' = \log c'$ である。

$$W(t) \xrightarrow{FFT} a_l + jb_l \quad (l=1, 2, \dots, 2^n), \quad p_l = a_l^2 + b_l^2$$

$$\longrightarrow \quad y = kx + c \quad \longrightarrow \quad k \quad - 1$$

$$W'(t) \xleftarrow{IFFT} a'_l + jb'_l \xleftarrow{p'_l} y = k'x + c'', \quad k' = -1$$

研究の方法

3. 1/f ゆらぎ特性への変換

——1/f ゆらぎ特徴を持つ新しい波形を得る方法

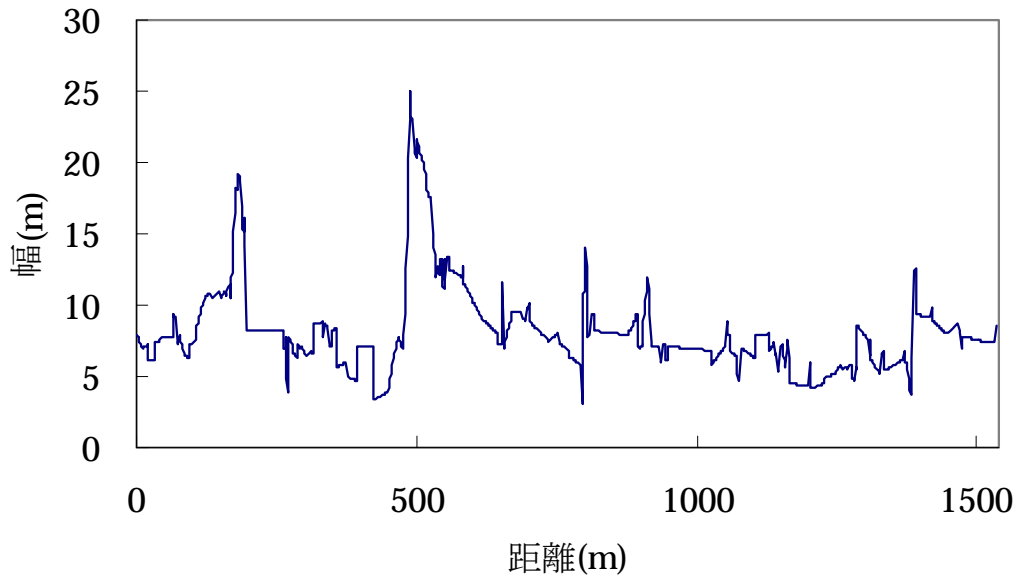
- ・位相 θ_r , θ_i と新しいパワー p'_l を用いて、次の式で新しいデータ $a'_l + jb'_l$ ($l=1,2,\dots,2^n$) が得られる。

$$a'_l = \sqrt{p'_l} \cos \theta_r = \sqrt{p'_l} \frac{a_l}{p_l}, \quad b'_l = \sqrt{p'_l} \sin \theta_i = \sqrt{p'_l} \frac{b_l}{p_l}$$

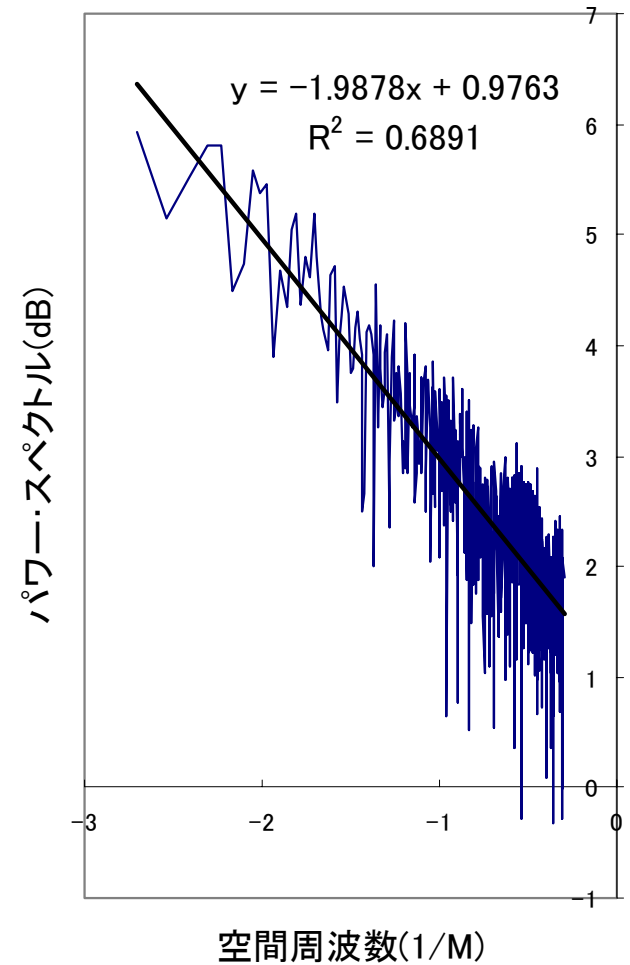
- ・ $a'_l + jb'_l$ ($l=1,2,\dots,2^n$) を逆フーリエ変換にかけ、1/f ゆらぎ特性をもつ理想な波形 $W'(t)$ が得られる。

$$a'_l + jb'_l \xrightarrow{\text{IFFT}} W'(t)$$

研究の方法

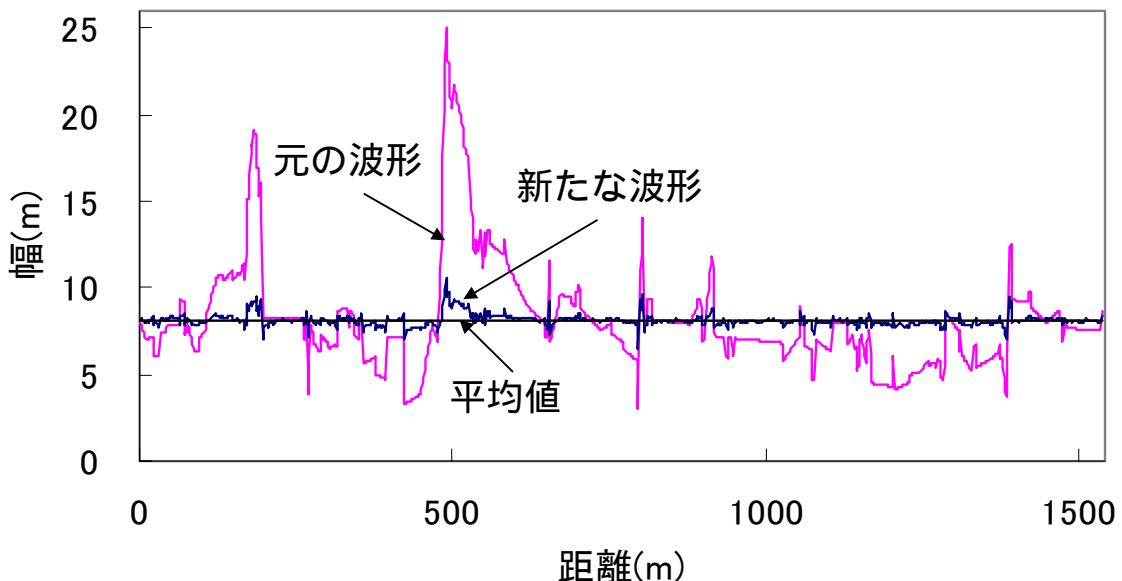


波形図



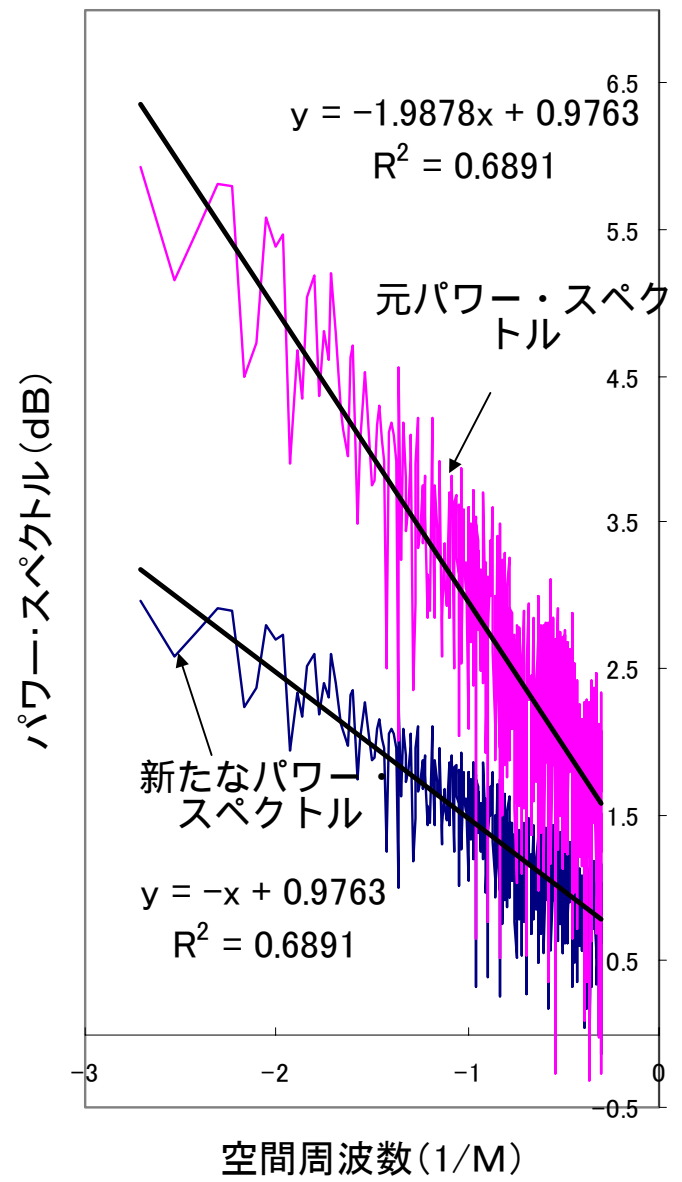
パワー・スペクトル図

研究の方法



水路幅変化の元の波形と調整後の $1/f$ ゆらぎ特徴を有する新しい波形

水路幅の元の波形と調整後の $1/f$ ゆらぎ特徴を有する新しい波形のパワー・スペクトル



研究の方法

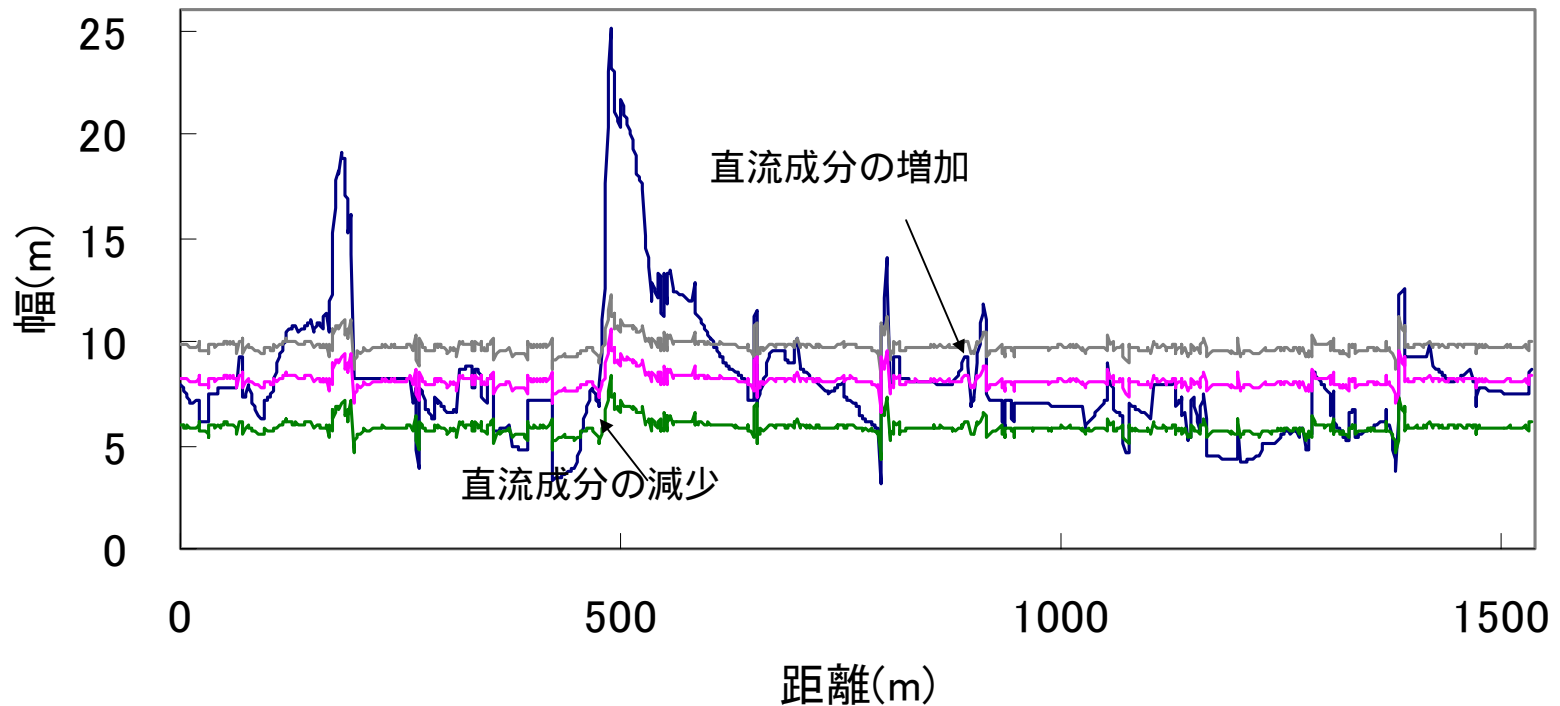
4. 各成分を利用するの再調整

● 直流成分の調整

直流成分は元の波形に対して、データの平均値を表すものである。直流成分を調整することにより、様々な幅(振幅)の平均値により波形が得られる。この特徴を利用して、水路を再整備するとき、 $1/f$ ゆらぎの特性でありながら、元の水路幅の平均値より、新しい水路の幅の平均値を大きく、または小さくすることができる。

従って、現状の水路の特徴を保持した再整備が可能となる。

研究の方法



水路幅変化の元の波形と直流成分を調整した後の
 $1/f$ ゆらぎ特徴を有する新たな波形

研究の方法

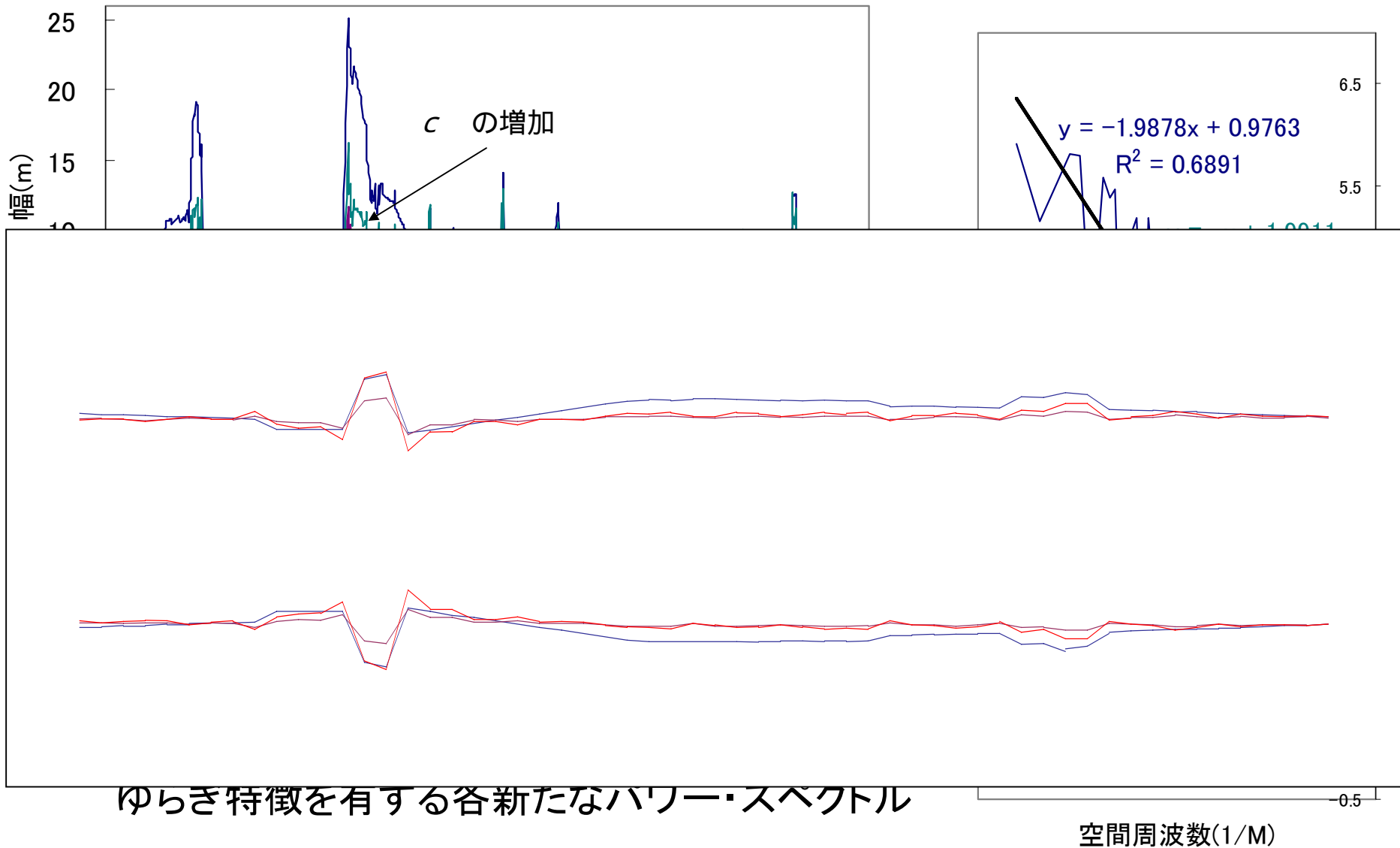
4. 各成分を利用するの再調整

● 回帰直線の切片の調整

$y = k'x + c$ “の切片 c ” は、元波形に対する波形変動の振幅の大きさを表すものである。

その切片を調整すれば、元の水路の特徴を保持し、希望するように $1/f$ ゆらぎの特性を持つ為の一定範囲のなかで、水路幅の最大値と最小値を調整することができる。

研究の方法



本章では、水路空間構成要素の波形に基づき、 $1/f$ ゆらぎ特性をもつように新しい波形を作り出す方法を提案した。さらに、元の波形情報を利用して、 $1/f$ ゆらぎ特性をもちながら、新しい波形の直流成分と切片を再調整することにより、理想的な水路空間構成要素の波形を得ることができた。

第7章 研究の総括

蘇州城水路網の変遷と都市構造の特徴

水路網の変遷の分析によって、蘇州市の水郷都市構造と水郷景観を形成する要因を明確にした。水路は水郷の魂であり、残っている水路空間を保存すべきである。

水路の水辺空間と水辺空間平面構成の分析

水路の水辺空間の平面的解析により、各水路の空間構成モードと特徴が得られた。

フーリエ解析による水路空間変化のゆらぎ分析

水路空間構成の解析より、各構成要素の変化を元にフーエ変換を行なうことで、ゆらぎの値から水路空間を定量的且つ客観的に評価、把握することができた。また水路空間より水辺空間が人間の心理に影響を与えることが明らかになった。

1/f ゆらぎによる水路空間の定量調整法

水路空間構成要素の元の波形に基づき、1/f ゆらぎ特性をもつように新たな波形を作り出す方法を提案した。また、各ニーズを応じて、理想的な水路空間構成要素の波形を得ることができた。

感謝

指導教官 大分大学教授 佐藤誠治先生

審査員 大分大学建設工学科 山崎均教授、真鍋正規助教授
大分大学福祉環境工学科 佐藤嘉昭教授、大鶴徹助教授

中国江蘇省蘇州市都市計画局 邱曉翔局長

都市計画研究室 小林祐司助手、姫野由香助手

金徑希先輩、蕭乃聖先輩、博士後期課程李衡馥さん、
韓鋳洙さん、博士前期課程の皆さん、学部生の皆さん

大分大学永松静也教授、九州共立大学重藤和之教授

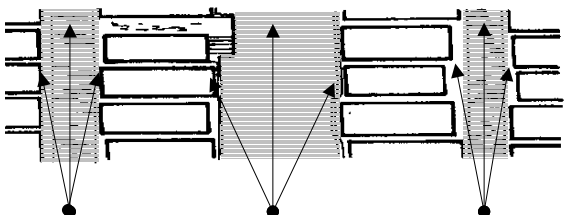
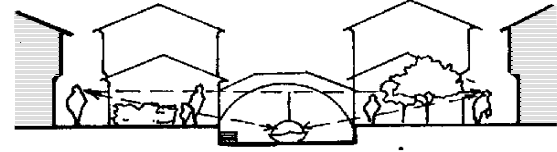
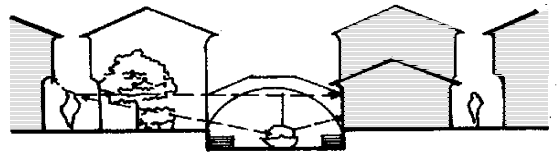
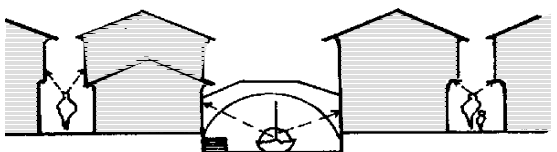
河川環境管理財団、クリタ・環境科学振興財団、日本建築学会九州支部

A black and white photograph of a traditional Japanese street scene. In the foreground, a stone bridge with two arches spans a narrow river. A small boat with a person is visible in the water. The background shows traditional wooden buildings with tiled roofs, some with snow on them. The overall atmosphere is quiet and historical.

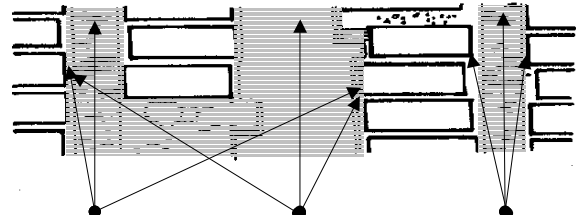
The End

ありがとうございます

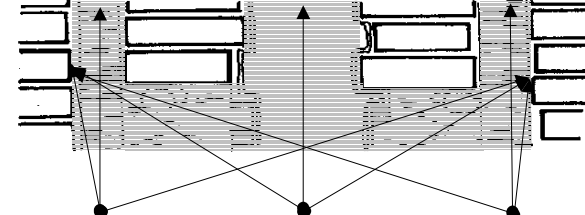
現地調査で自らの感覚



a 一河無街

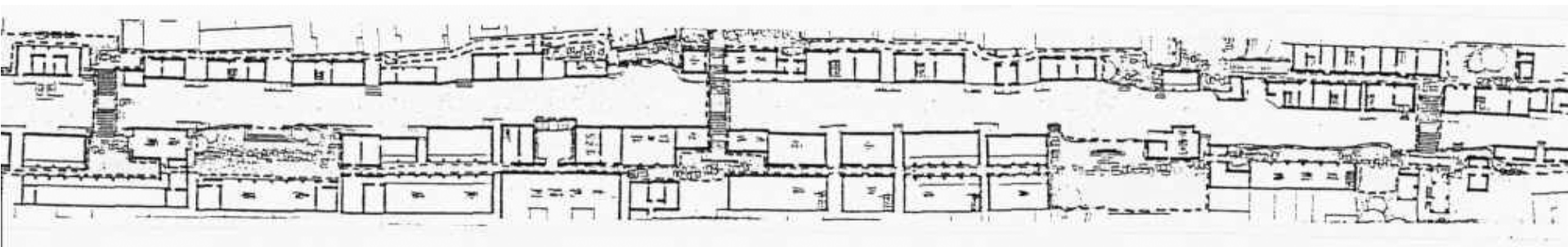


b 一河一街



c 一河両街

水郷の水路空間と街路空間



水郷の水路空間と街路空間の韻律変化