

第2章 監視制御概論

2.1 監視制御の原理

2.1.1 テレメータ・テレコントロール

「テレメータ(telemeter)」の「テレ(tele)」は、遠隔、「メータ(meter)」は、計測という意味である。したがって、テレメータは、遠隔地の各種情報（水位、流量、ゲート開度など）を知ることである。

「テレコントロール(tele control)」の「テレ」は「テレメータ」の「テレ」と同意であり、「コントロール(control)」は、操作する、制御するという意味である。「テレコントロール」は、単独では手探りの操作になるので、必ず「テレメータ」と組み合わせて用いられ、合わせて「テレメータ・テレコントロール」と呼ばれる。(以下本指針では「TM・TC」と表記する。)

テレメータ・テレコントロールを原理的に示せば図 2.1-1 のとおりであり、操作フローは図 2.1-2 のフローのようになる。

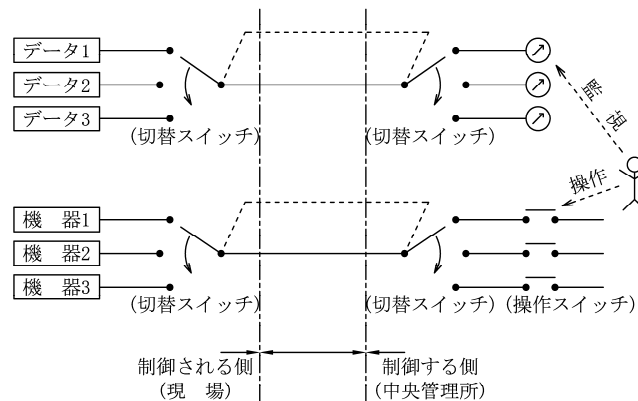


図 2.1-1 テレメータ・テレコントロールの原理図

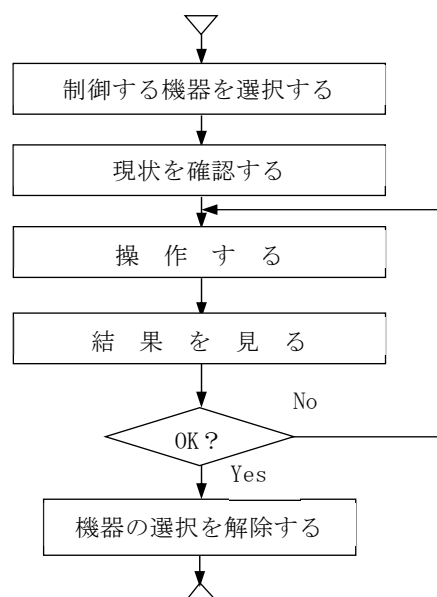


図 2.1-2 テレメータ・テレコントロールの操作フロー

2.1.2 テレメータの種類

テレメータにはいろいろな方式があり、情報の伝送、表示方式別では図 2.1-3 に示すようにアナログ方式、デジタル方式に大きく分類されるが、水管理制御システムにおいては、電子計算機、デジタル表示器などの機器との結合が容易で、情報の信頼性が高く、将来の拡張にも対処できることなどからデジタル方式が一般に採用されている。表 2.1-1 にアナログ、デジタルの両方式の比較を示す。

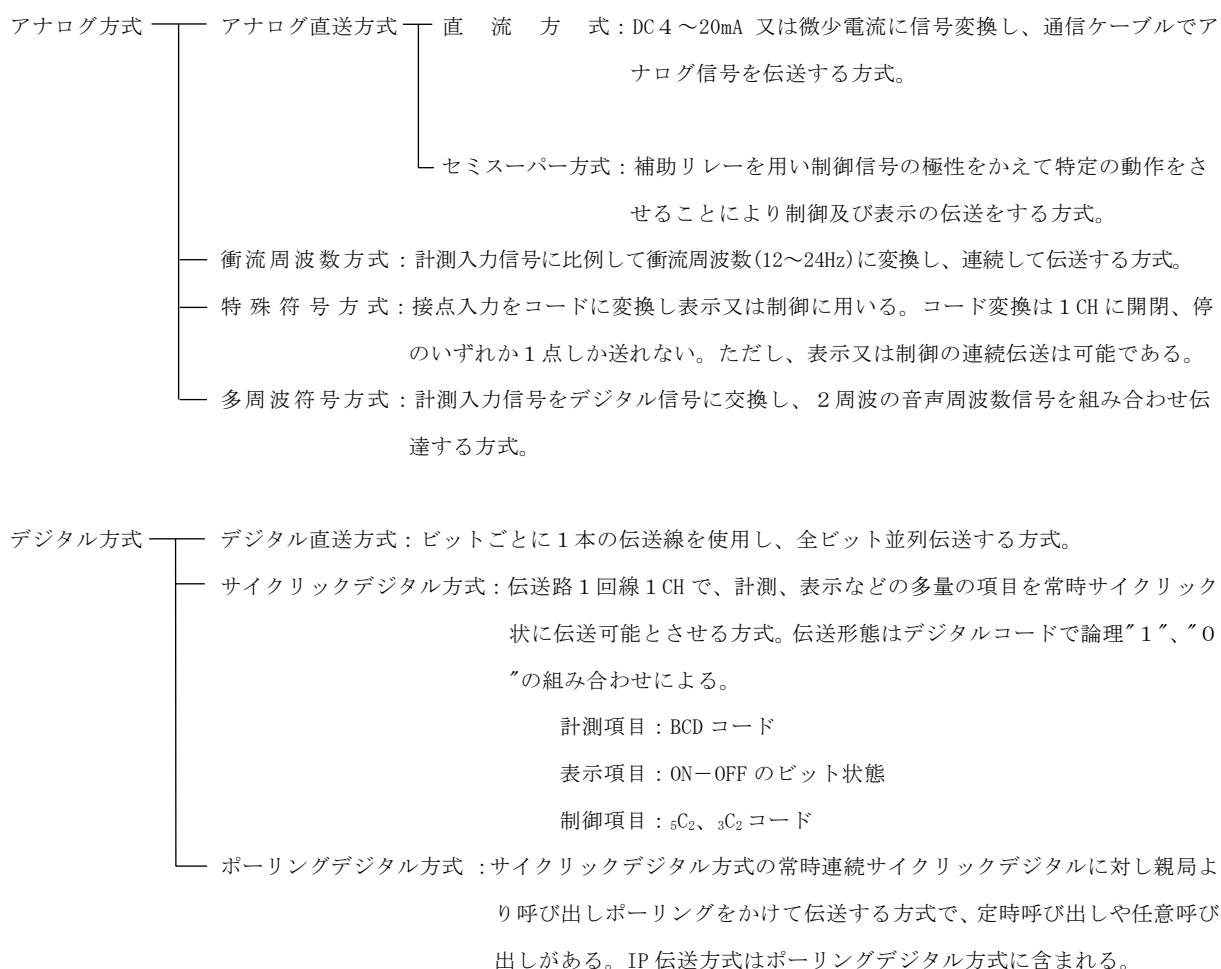


図 2.1-3 テレメータの種類

表 2.1-1 アナログテレメータ方式とデジタルテレメータ方式の比較

項目 \ 伝送方式	アナログテレメータ方式	デジタルテレメータ方式
特 徴	(1) 連続性の伝送記録に適し、変化の傾向が直観的に把握できる。 (2) データの分岐、中継が容易。 (3) アナログ指示、記録だけでなく機器に接続する場合は A/D コンバータが必要。 (4) 装置の構成が簡単で保守も比較的容易。	(1) 大量多目的な情報の伝送に適し、将来の拡張に対処できる。 (2) 情報のコード伝送が可能のため、数字表示器、電子計算機、デジタル機器などとの結合が容易。 (3) データの読み取りが迅速で、かつ読み取り誤差を生じない。
適 用 区 分	(1) 比較的データの少ないところ（例：孫局－子局間など）。 (2) 高精度を要しない場合。	(1) 比較的データの多いところ（例：子局－親局）。 (2) 比較的高い精度を要する場合。
情報の信頼性	伝送時の誤り訂正は困難である。	誤りチェックが容易にできるので信頼性が高い。
精 度	低い	高い
応 答 速 度	連続伝送のため、ほとんど遅れがない。ただし、1 量伝送に 1 チャンネル (CH) を要する。	時分割伝送方式のため、サイクリック時間分だけ遅れを生ずることがある。
伝 送 路	(1) データ数と同じチャンネル数が必要である。 (2) 伝送路の雑音により誤差を生じる場合がある。	(1) 異なる情報を時間的に直列化し、順次情報を伝送するため、伝送効率がよい。 (2) 自己検定符号方式などで伝送路の雑音による精度への影響を防止できる。 (3) 記憶能力を持たせることにより回線の瞬断に対処できる。
経 済 性	伝送量が少ない場合に有利である。	伝送量が多い場合に有利である。

2.1.3 アナログテレメータ

アナログテレメータは、現在の水管理制御システムではほとんど採用されていない。ただし、アナログ直送方式は孫局～子局間あるいは直送子局～親局間の距離の短い場合は採用されている場合もある。

(1) アナログテレメータ (analog telemeter) の基本原理

アナログテレメータは、計測信号を連続した類似の量(例えば電圧など)に変換して伝送し、表示器の目盛りで表す方式である。例えば、水位 0～100cm を計測して伝送する場合、原理的には図 2.1-4 のとおりとなる。

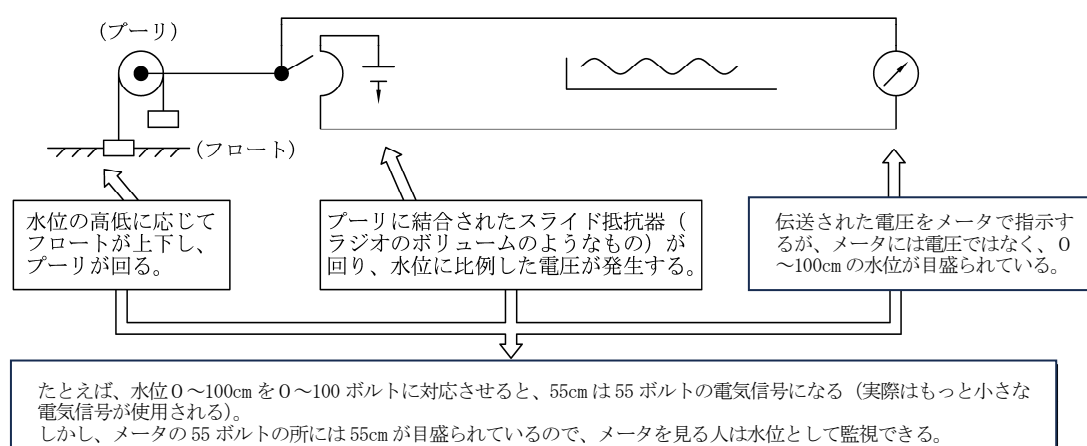


図 2.1-4 アナログ伝送のフロー

(2) アナログ直送式テレメータ

この方式は、伝送路に直接電圧又は電流信号をのせて伝送する方式で、有線に限定され、伝送距離は伝送線の太さ(線路抵抗値)で決まる。一般には、電磁誘導等による障害を考慮して3 km 程度が限界とされる。

伝送線は伝送量1に対して1回線必要となり、電話線を借用する場合は市内回線に限られる。

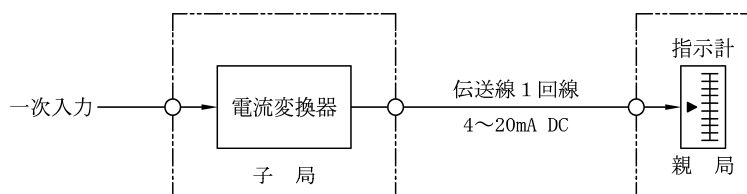


図 2.1-5 アナログ直送方式の系統図

(3) 衝流周波数方式

この方式は、アナログ伝送の代表的なテレメータで、伝送距離が約30km、伝送量は1回線当たり周波数分割にて18量まで伝送することができます。

特徴として、計測項目のみの伝送で精度(±0.7%)は後述するデジタル方式と比較するとやや劣るが、連続伝送であること、保守が容易であることなどがあげられる。

計測入力が0% (例えばDC 4 mA) のとき、衝流周波数として12Hz (マークとスペースの比が1) が出力され、100% (DC20mA) のとき24Hz が出力される。

FS変換器は、1回線当たり周波数分割数が最大となる50ボーFS変換器を用いる。

FS変換器でマークのとき

$$f_0 \text{ (中心周波数) } - 35\text{Hz}$$

スペースのとき

$$f_0 + 35\text{Hz}$$

の周波数偏移変調を行い伝送路にのせる。

受信側ではその信号を復調し、受量器でアナログ信号に変換して指示計などを動作させる。

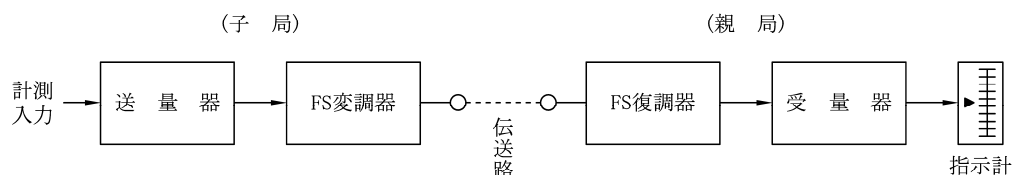


図 2.1-6 衝流周波数方式の系統図

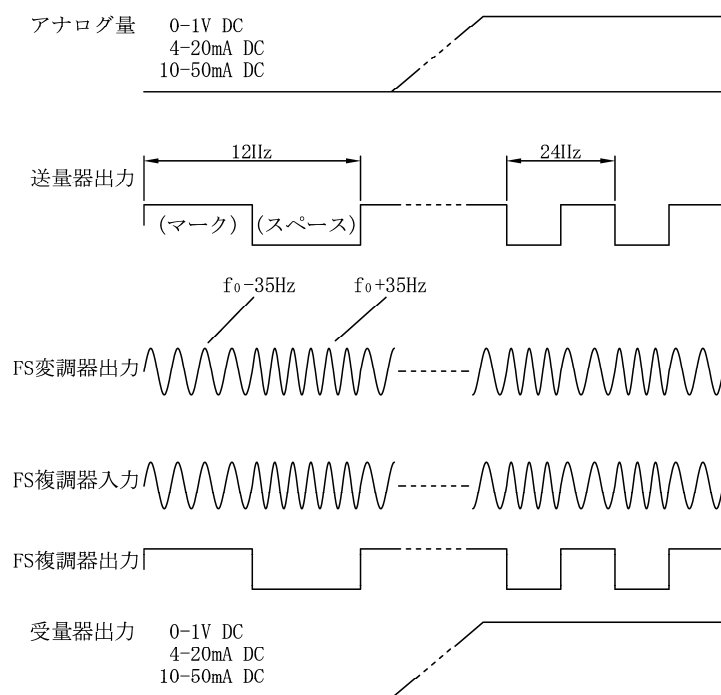


図 2.1-7 衝流周波数方式のタイムチャート

(4) 特殊符号方式

この方式は、前述した衝流周波数方式の計測項目伝送に対してパルスコードを用い、表示項目及び制御項目の伝送を行う。伝送距離、伝送量は衝流周波数方式と同様で、それぞれ約 30km、1 回線当たり 18 項目である。

採用のメリットとして、少数の状態監視項目及び制御項目を経済的に伝送したい場合や、バルブ開度のように制御操作をしている間だけ連続的に制御したい場合に採用すると最大の効果を発揮する。

1 CH (周波数帯) 当たり、1 項目 3 種 (開、閉、停又は入、切) の接点信号を伝送することができる。ただし、同時に 2 種を伝送できないので、同時には入力しないような項目、例えば (開)-(閉)-(停)、表示項目では (運転中)-(停止中)-(故障中) などに採用する。FS 変調方式は衝流周波数方式と同じであり、また、符号の誤り検定は符号自体に冗長性を持たせているので検定回路を必要としないが、ディレータイムによるチェックを行っている。

伝送路の故障 (断) のときは何も出力しないので機器の誤動作はない。

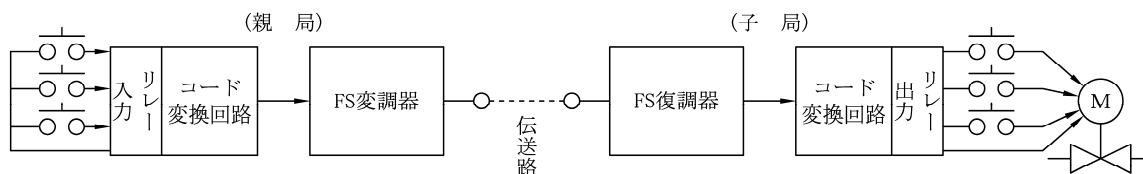


図 2.1-8 特殊符号方式の系統図

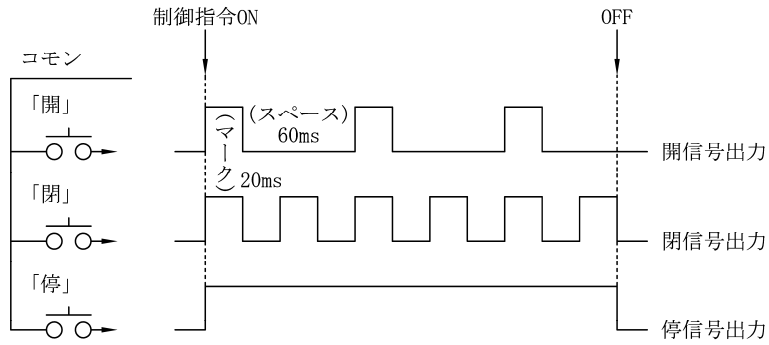


図 2.1-9 特殊符号方式のタイムチャート

(5) 多周波符号方式

この方式はパラレルトーン方式とも呼ばれるもので、2周波の音声周波信号の組み合わせによる伝送方式で、中央にコンピュータを設置した集中検針システムなどに適する。

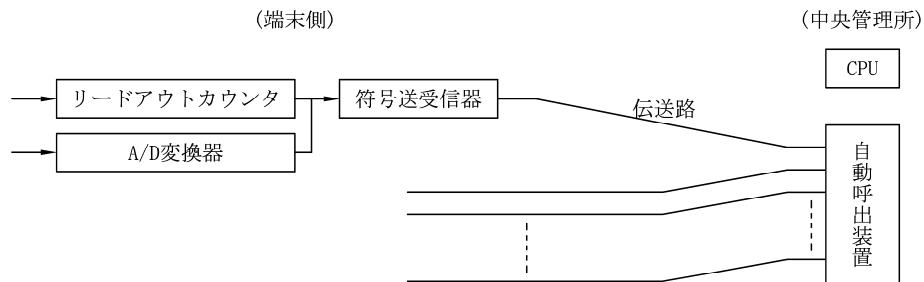


図 2.1-10 多周波符号方式の系統図

- ・適用伝送路としては一般加入電話回線及び専用線が使用できる。
- ・1 電話回線に 10 個までの端末を接続できる。
- ・端末の呼出しは中央からのダイヤリングにより行う。
- ・端末の伝送装置が比較的安価なので、多数の端末のデータ収集には非常に経済的である。
- ・伝送速度は 20 字/秒程度である。

2.1.4 デジタルテレメータ

デジタルテレメータは、現在、ほとんどの水管理制御システムで採用されている方式である。

(1) デジタルテレメータ (digital telemeter) の基本原理

デジタルテレメータは、数値で量を表す方式である。

デジタルテレメータの原理を図 2.1-11 に示す。

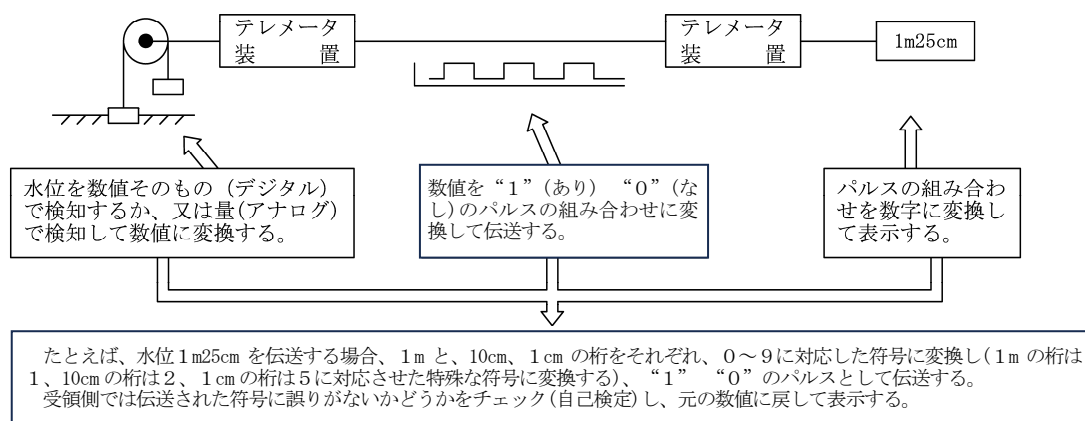


図 2.1-11 デジタル伝送のフロー

(2) デジタル直送方式

デジタル直送方式は、通常 BCD 信号（2 進法 10 進符号: Binary Code Decimal）を無電圧接点信号として受け渡す方式であるため、アナログ直送方式に比べると所用信号電線の本数が増える（アナログ直送：2 本、デジタル直送（4 桁 BCD）：26 本）。

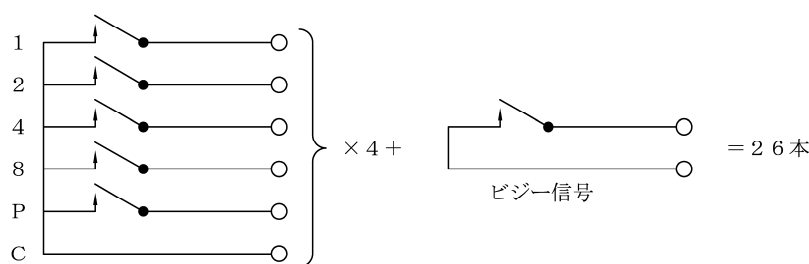


図 2.1-12 デジタル直送方式で必要な電線数（4 桁の場合）

(3) サイクリックデジタル方式

サイクリックデジタル方式は、デジタル伝送の代表的なもので、複数の情報を所定の順序に配列（時分割）し、これを一定周期で繰り返し（サイクリック）伝送する装置である。伝送距離は約 30km、伝送量は 1 回線が多量のデータ伝送が可能である。伝送項目は、計測、表示、パルス、制御及び設定値を全て伝送でき、伝送速度も 50～9,600bps まで可能である。

① サイクリックテレメータの基本原理

サイクリックテレメータは、水位、流量、バルブ開度など、1 か所から数量のデータを繰り返し伝送する方式で、原理的には図 2.1-13 のようになる。

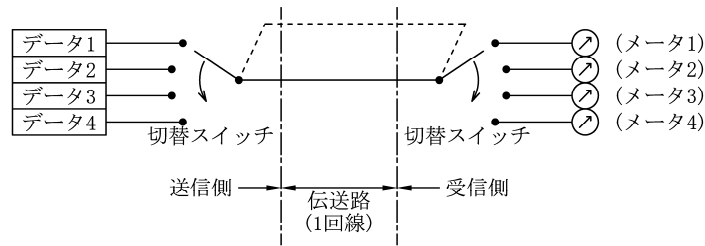


図 2.1-13 サイクリックデジタル伝送のフロー

いま、データ 1 から 4 を 1 回線でメータ 1 から 4 に指示させる場合、図のように送受信側にそれぞれ切替スイッチを設ける（これを走査回路という）。この切替スイッチ（実際は電子回路）は、1、2、3、4、1、2、3、4……と間断なく回転しており、送信側がデータ 1 に接続されているとき、受信側はメータ 1 に、データ 2 のときメータ 2 に接続される。この際、送受両側のスイッチは連動して動作するが、これを同期 (synchronous) といい、例えば身長 170 (cm)、体重 60 (kg) のデータを伝送する場合、身長 60 (cm)、体重 170 (kg) などと間違った接続にならないように考慮されている。また、スイッチが 2 から 4 を回っているときもメータ 1 に前回のデータが残っているように工夫されている（これをデータの保持又は記憶という）。

② 伝送ブロック図

伝送ブロック図を図 2.1-14 に示す。

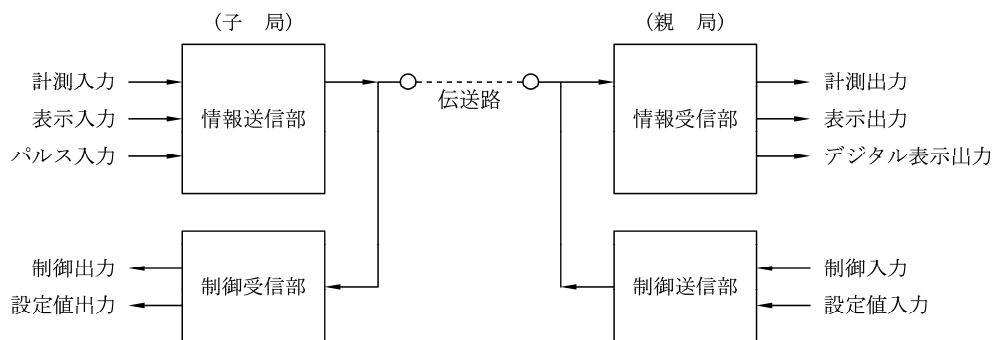


図 2.1-14 サイクリックデジタル方式の伝送ブロック図

③ 伝送容量

サイクリックデジタル方式の伝送量は、電気学会仕様では

計測項目	(A) …… 1 量/1 ワード
表示項目	(B) …… 12 点/1 ワード
パルス積算	(C) …… 1 量/1 ワード (3 桁) 又は 1 量/2 ワード (6 桁)
合 計	…… $A+B/12+C \leq \text{最大伝送容量}$

を 1 CH で伝送することができる。また制御項目は 1 CH 当たり 100 項目まで可能である。(伝送容量は装置によって異なる。)

④ 計測・表示送信部

計測・表示送信部のブロック図を図 2.1-15 に示す。

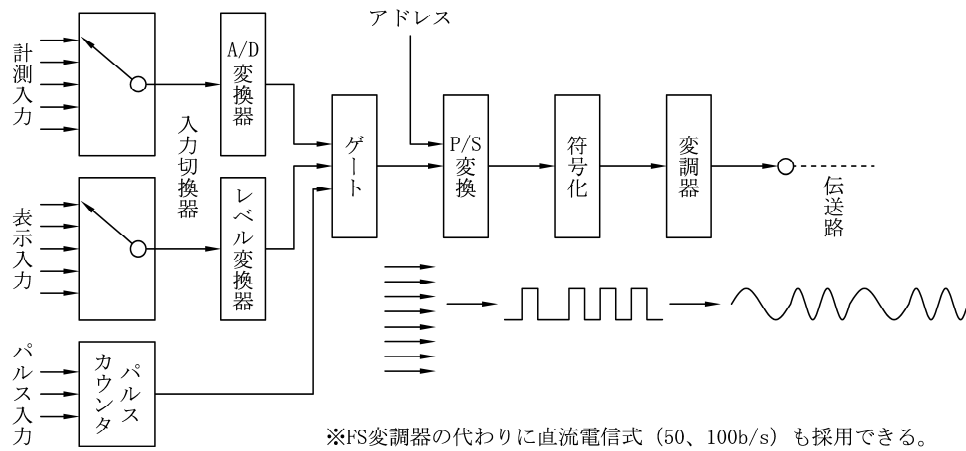


図 2.1-15 計測・表示送信部のブロック図

図 2.1-15 において、計測入力（DC 1～5 V、DC 4～20mA、DC10～50mA）は、A/D 変換器で BCD 3 桁又は純 2 進 10 桁の並列信号に変換し、P/S 変換で直列信号にして符号化を図り、その符号が変調器を通り一つのデータ（ワードという）を伝送路に送出する。この 1 ルーチンが終了した後、次のルーチンが始まる。計測が終了すると表示入力に移り、順次走査を行う。

- ・A/D 変換器 : アナログ（DC 4～20mA）をデジタル（BCD 3 桁）に変換する。
- ・レベル変換器 : 無電圧接点をロジックレベルに変換する。
- ・ゲート : A/D 変換器のデータとレベル変換器のデータを切替える。
- ・P/S 変換 : 並列信号を直列信号に変換する。
- ・符号化 : 伝送速度に合った符号に変換する。

⑤ 計測・表示受信部

計測・表示受信部のブロック図を図 2.1-16 に示す。

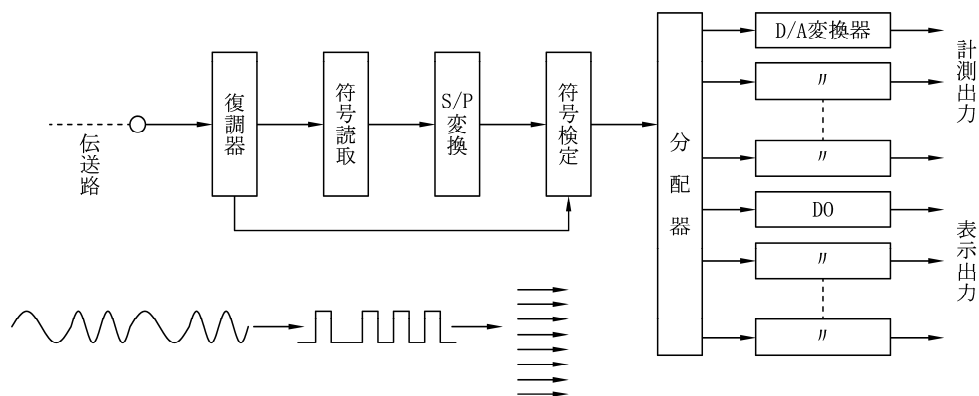


図 2.1-16 計測・表示受信部のブロック図

図 2.1-16 において、送られてきた信号を復調器で符号に検波し、S/P 変換で直列信号を並列信号に変換して検定回路で符号の誤りをチェックする。検定回路では、パリティチェック、連送照合、総数チェック、同期チェック、そしてレベル異常（回線異常）を含めて符号の誤りをチェックする。検定の結果誤りがあった場合、伝送中のノイズ等で障害にあった不良データとみなし分配器に出力しない。また、分配器はアドレス（データの番号）によりそれぞれ分配するので、誤って隣などへ置き換わることはない。

- ・ S/P 変換 : 直列信号を並列信号に変換する。
- ・ 符号検定 : 伝送されてきた信号（符号）をチェックする。
- ・ 分配器 : 順次送られてくるデータを所定のメモリに分配する。
- ・ D/A 変換器 : デジタル信号をアナログ信号に変換する。
- ・ D0 : 表示又はパルス積算値を外部インタフェース用にオープンコレクタ又は接点出力する。

⑥ 制御項目

制御項目のブロック図を図 2.1-17 に示す。

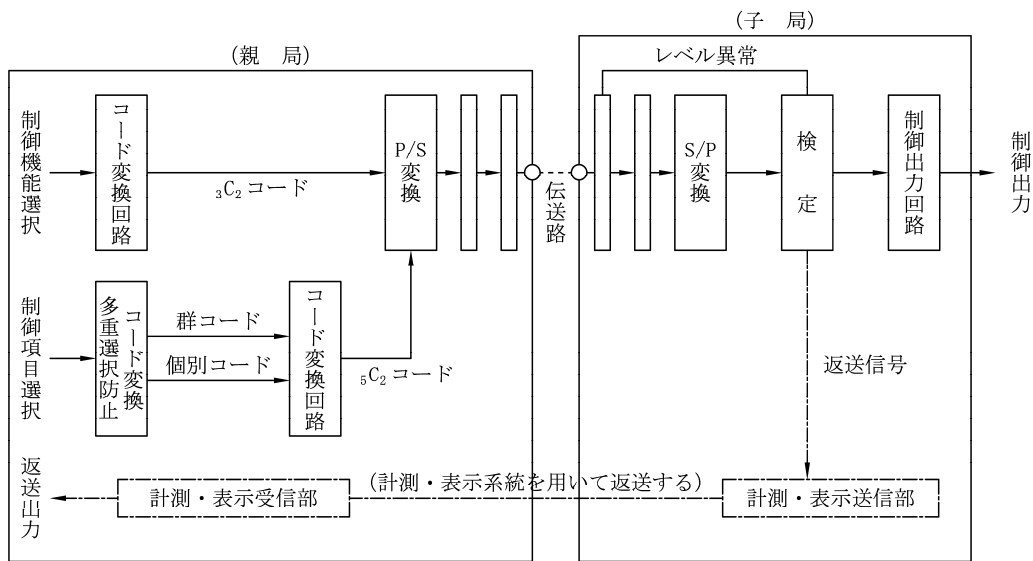


図 2.1-17 制御項目のブロック図

(a) 伝送回線

FS 変調器の伝送速度（200bps 以下）の場合は、情報伝送と制御伝送は周波数を情報伝送と制御伝送の 2 種類に分割して伝送するため、1 回線でも混信はない。ただし、1,200bps の場合は、周波数分割ができないため、伝送回線は 2 回線必要となる。

(b) 制御出力インタフェース

連続制御方式は通常の制御出力がパルス状であるのに反し、外部からの制御選択信号が入力されている時間中制御信号が出力されるので、バルブの開閉操作、ポンプ運転の増速、減速などに適している。（第Ⅲ編 2.4.3 項(7)④(c)及び(d)参照）

(c) 操作方式

操作の挙動方式には次の二通りの方式がある。

a) 一挙動方式

外部（例えば操作卓）から制御操作すると、制御選択信号と項目選択信号が同時に入力され、特殊なコード ${}_3C_2$ コード、 ${}_5C_2$ コードを一つのワードに編成して伝送する。

子局では、符号検定の結果良好の場合直ちに制御信号が出力される。

b) 二挙動方式

別名返送照合方式ともいう。この場合にはまず項目選択を行い伝送する（子局では受信しても外部出力はしない）。受信したデータの選択完了確認信号を表示項目として親局に返送する。

照合一致を確認できたら、制御選択（マスタースイッチ）を操作し伝送させる。

子局では、先に選択された項目に制御選択が加わり、符号検定の結果良好の場合外部に制御信号が出力される。

(4) ポーリングデジタル方式

この方式は、親局のポーリング（呼出し）によりデータの収集又は制御を行うものである。無線の場合や1対N対向方式の場合に適用する。高速な監視制御が必要な場合は、2:N方式や(1:1)×Nと1:Nの混在方式などの構築が可能である。IP伝送方式はポーリングデジタル方式に含まれる。

この方式における留意事項は次のとおりである。

- ① 無線の場合、呼出し回路が必要になり、さらに複数局の場合は局選択コードが必要となる。
- ② 局選択は、音叉発信器による直列3周波を用いるときもあるが、信頼性の面からデジタル反転符号方式又は定マークコード方式を採用する。
- ③ 有線による伝送路切換の場合は、伝送路を順次切替えるので選択されていない局で重大故障が発生しても発見が遅れる場合がある。

ポーリングデジタル方式のブロック図を図2.1-18に示す。

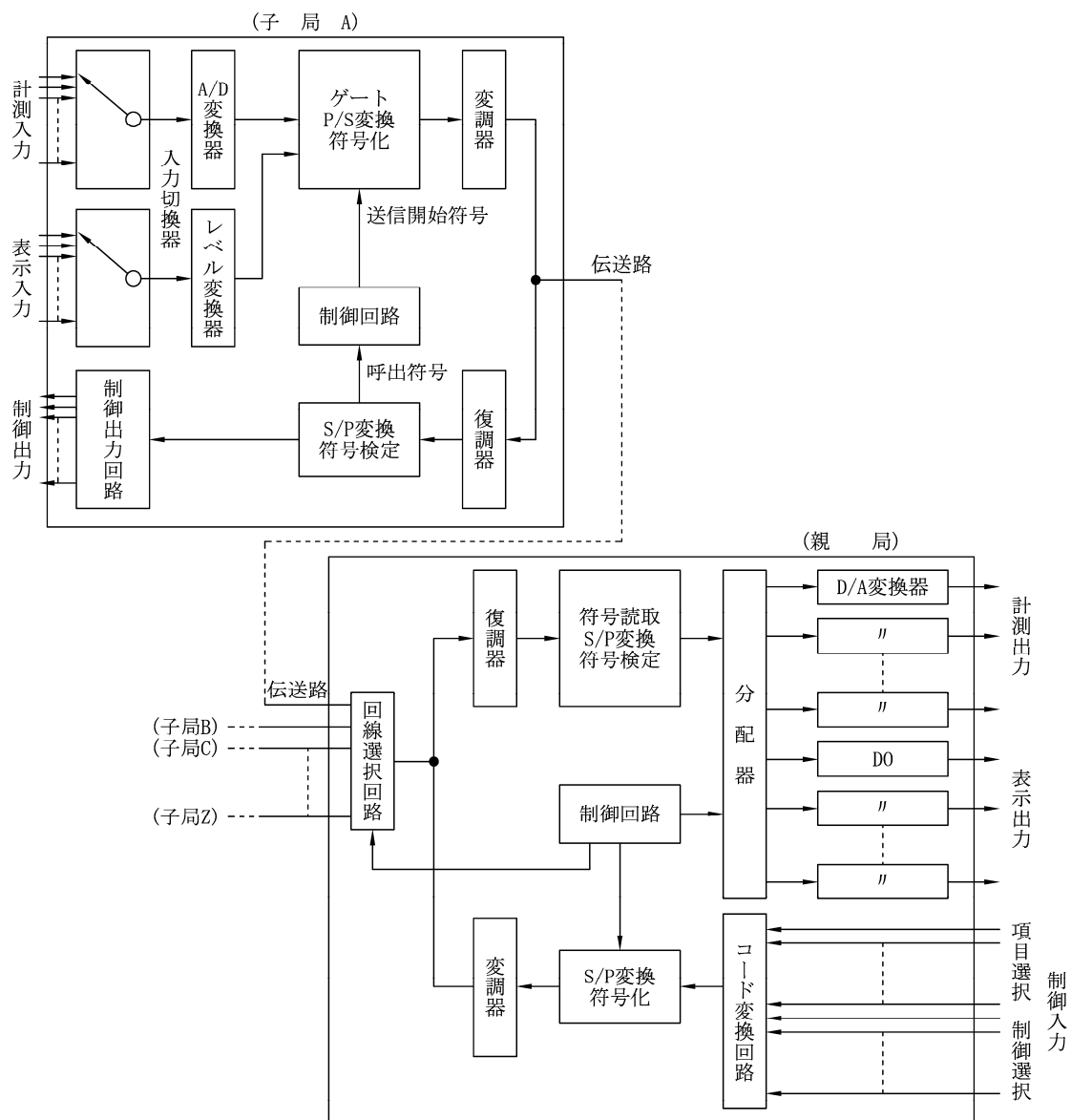


図 2.1-18 ポーリングデジタル方式のブロック図

2.1.5 直送方式と搬送方式の特徴

一般に親局と子局間の距離が3 km 未満の短い時は、連絡線の本数を増やして、親局・子局装置を簡単にした方が経済的である。一方、距離が長い時は、連絡線の本数を減らしてそれに見合う分で親局・子局装置を充実させた方が経済的である。前者は直送方式、後者は搬送方式と呼ばれる。

直送方式は、現場系装置（計測機器、機側操作盤など）～孫・子局間に適用し、搬送方式は子局～親局間に適用するのが一般的である。

表 2.1-2 に直送方式と搬送方式の特徴を示す。

表 2.1-2 直送方式と搬送方式の特徴

項 目	直 送 方 式	搬 送 方 式
方 式	センサ出力信号(DC 4～20mA 電流信号など)、接点信号などを弱電電流により伝送する	センサ出力信号(DC 4～20 mA 電流信号など)、接点信号などを符号化し、更に搬送信号により伝送する
適用伝送路	自 営 線	自営線、NTT 線、無線
伝 送 距 離	短 距 離（3 km 程度未満）	長距離伝送が可能
所要ケーブル 心 数	1 信号当たり 1 対(計測) 1 信号当たり 1 線(接点)	1 対のケーブルで多数の情報を伝送できる
経 済 性	短距離で信号が少ない場合有利	長距離又は信号数が多い場合有利
適 用	子局～孫局間	親局～子局間

(1) 直送方式の得失

直送方式を適用する場合、技術的（物理的）、経済的面から、伝送距離を検討する。

直接伝送する信号には、電流、電圧、接点などがあり、いずれも、伝送路のインピーダンスで制限を受ける。伝送ケーブルを太くすれば伝送路インピーダンスが小さくなるため伝送可能距離も伸びるが、経済的な面からの限界が生じる。

また、伝送路が長くなれば、雷など外部からの影響を受け易くなるなど、不利な条件が発生する。

経済性の検討には、ケーブル長のほかに、孫局をどの範囲まで集約するかという、子～孫局構成上の問題がある。すなわち、直送孫局を搬送回線として計画する場合には、TM・TC 装置と搬送用伝送路が必要となるのでこれとの経済比較が必要となる。

(2) 直送方式の範囲

自営線直送方式の適用範囲は次の条件から決まる。

- ① 直送方式による計測信号の伝送可能距離（0.5～3 km 程度）（現場との距離が 0.5km 程度以上となった場合、直接取込みでなく直送孫局扱いとする。このとき、管理所側には対孫局中継装置が必要となる。）
- ② 自営線布設の施工条件（布設ルート・河川・鉄道・道路などの横断要否・水路工事との同時施工の可否など）と経済性

(3) 搬送方式の考え方

信号を遠隔地へ忠実に伝送したい場合に、空間や伝送線路を伝わりやすい信号、すなわち搬送波の中に含ませて送る方法がとられる。

また、多重化などのために原信号を別の周波数に置き換えることもある。この方法が搬送である。IP 伝送方式は搬送方式に含まれる。

(4) 変調の考え方

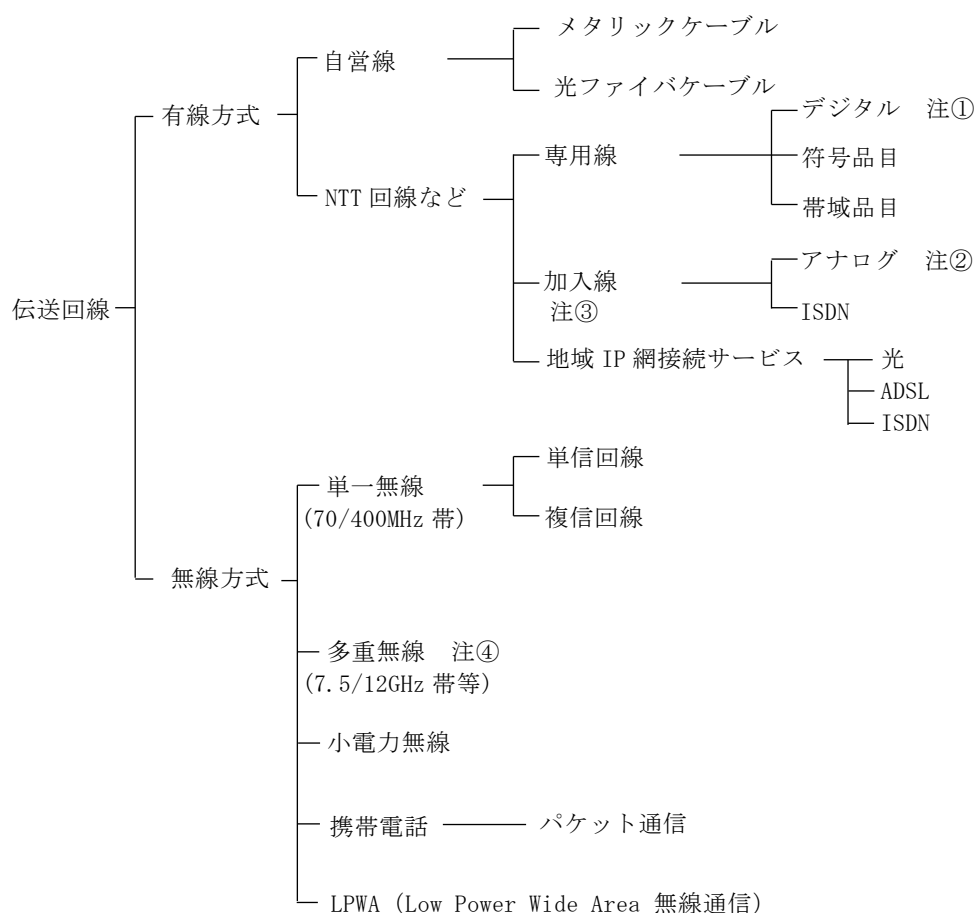
遠方へ伝送する目的で伝送したい信号に従って搬送波（別の周波数）を変化させる事を”変調”という。この場合、搬送波の振幅を変化させる方法を振幅変調（AM）、周波数を変化させる方法を周波数変調（FM）、位相を変化させる方法を位相変調（PM）という。変化の深さを変調度という。

水管理制御システムではほとんどが周波数変調（FM）の１種で周波数偏移変調（FSK 又は単に FS と記す。）と呼ばれる方法を用いている。

2.1.6 伝送回線

(1) 伝送回線の種類

伝送回線には図 2.1-19 に示すような種類がある。選定に当たっては、応答性、信頼性、経済性を考慮する。



(注) ① デジタルは信号をデジタル信号で伝送する回線である。

② アナログは信号を搬送波（0.3kHz～3.4kHz）に含ませて伝送する回線である。

③ 地域 IP 網接続サービスは、IP-VPN を利用するものとインターネットを利用するものがある。

④ 多重無線は通常水管理制御システムではあまり用いられない。河川管理等で使用されることが多い。

⑤ 専用線（デジタル、符号品目、帯域品目）、加入線（アナログ、ISDN）、地域 IP 網接続サービス（ADSL、ISDN）については今後廃止が予定されていることから、選定からは除くものとする。

図 2.1-19 伝送回線の種類

伝送回線の特性をまとめると次のとおりとなる。

① 応答性

自営線、NTT 専用線(廃止予定)及び光回線は常に回線が接続されているのに対し、単一无線や NTT 加入線は、必要の都度、回線を接続するため前者に比べ応答性が劣る。

回線が接続されてからの応答性は通信方式、対向方式、呼出方式などに左右され回線の種類にはよらない。ただし、単一无線の通信方式、対向方式はそれぞれ単信方式、1 : N 方式にほぼ限定される。

② 耐災害性

暴風雨などの災害に対しては、強い順に無線方式＞有線埋設方式＞有線架空方式となる。

③ 経済性

各々のイニシャルコスト、ランニングコストを比較し決定する。

各伝送回線の特質比較を表 2.1-3 に示す。

表 2.1-3 伝送回線特質表 (1/2)

回 線 項 目		有 線 回 線				
		自営線	NTT 専用線	NTT 加入線	地域 IP 網接続サービス (IP-VPN)	地域 IP 網接続サービス (インターネット)
選 択 の 目 安		距離が短く、工 上問題がない場合 や、電力線と共架 できる場合に採用	市街地で、自営線 を布設できない場 合や、都市雑音、建 物などによる電波 障害が考えられる 場合に採用	同左 通信頻度が少ない 場合、経済的	情報配信を主体に し NTT 専用線より も劣る 回線保守対応を許 容できる場合に採 用 距離に関係なく比 較的安価な定額で 利用できる	同左
信頼性・安定性		災害時断線、劣化 が考えられる 布設方法によっ ては、NTT 線より安定 する	災害時断線が考 えられる NTT の都合により、 線を変えたとき、 品質が変わる 工事による回線断 がある	同左 誤接続(間違い電 話)による欠測の 可能性がある 災害時、通話の増 加で回線が接続で きない場合がある	災害時断線が考 えられる セキュリティ確保 のために別途 VPN サービスを受ける 必要がある 設置場所により選 択可能なサービス が異なり、速度も 一定ではない	災害時断線が考 えられる セキュリティが IP-VPN よりも劣 るため、重要度によ っては追加のセキ ュリティの検討が 必要となる 設置場所により選 択可能なサービス が異なり、速度も 一定ではない
経 済 性	初 期 投 資	ケーブル布設費大 河川、道路、鉄道横 断などがあるとさ らに大となる	設備料 自営線よりはるかに 小 区域外の場合別途 費用要	設備料 契約料 網制御装置 } 費用小 区域外の場合別途 費用要	設備料 契約料 通信機器 } 費用小	同左
	回線使用料	不 要	月額固定料金	基本料金+度数料	月額固定料金	同左
	保 守 料	自営(ほとんどな し) ただし、災害を受 けた場合自営復旧 する必要がある	不要 (NTT 対応)	同左	不要 (NTT 対応)	同左
運 用 資 格		な し	な し	同左	な し	同左
設置の許可等		構外布設の場合届 出要	NTT 申込	NTT 申込	NTT 申込	同左
伝 送 速 度		特に制限なし	50、200、1,200、 2,400bps 最高9,600bps まで 可 ISDNの場合 64kbps/B	9,600bps 程度まで ISDN の場合 64kbps/B	設置場所により最 大 1Gbps までサー ビスの選択が可能 だが、速度保証は ない	同左
通 話		可能	可能	可能 (符号品目を除く)	可能 (別途料金が必要)	同左
ビット誤り率		1×10^{-5} より良い。	1×10^{-5} 程度	同左	不特定	同左
回 線 構 成		任意	放射状、樹枝状	不特定	不特定	同左
TM・TC の方式 (1) 対 向 方 式 (2) 収 集 方 式		1:1、(1:1)× N、1:N サイクリック、ポー リング	1:1、(1:1)×N、 1:N サイクリック、ポー リング	1:N ポーリング	1:N ポーリング	同左
備 考			サービスが終了さ れる見込み	地域災害などで通 信が特定交換機に 集中し接続できな くなることによっ て欠測となる場合 がある 光回線提供エリア での新規受付は終 了している	基本的にベストエ フォート型のサー ビスであり、通信 速度は保証されな い	同左

表 2.1-3 伝送回線特質表 (2/2)

項 目 回 線		無 線 回 線			
		単信回線	小電力無線	携帯電話	LPWA
選 択 の 目 安		距離が遠く、その間に、河川、鉄道、谷間などがある場合や、NTT 電話施設がない場合 台風・地震などの災害時に稼動を要求される場合に採用可能	局間の見通しが可能な状態で、ケーブルの布設が困難であり、ランニングコストを抑制したい場合に採用可能	子局数が比較的多い TM システムで、子局ごとのデータ量が少なく、通信頻度が少なくてもいい場合に採用可能	局間の見通しがある程度可能な状態で、ケーブルの布設が困難であり、ランニングコストを抑制したい場合に採用可能
信頼性・安定性		災害時、ほとんど影響がない 気象・周囲条件による影響がある 障害時の復旧が早い	災害時、ほとんど影響がない 気象・周囲条件による影響がある 障害時の復旧が早い	ベストエフォート形のサービスであり、通信の輻輳による影響を受ける可能性がある	災害時、ほとんど影響がない 気象・周囲条件による影響がある 障害時の復旧が早い
経 済 性	初 期 投 資	無線装置 } 費用大 空中線 } 空中線柱 } 場合により中継局要 ; 費用大	無線装置 } 費用大 空中線 } 空中線柱 } 場合により中継局要 ; 費用大	設備料 } 費用小 空中線 } 通信機器 }	設備料 } 費用小 空中線 } 通信機器 }
	回線使用料	不 要 (免許者が国の場合)	不 要	基本料金＋度数料	セルラー：基本料金＋度数料 ノンセルラー：不要
	保 守 料	機器保守費 免許更新費 (5 年ごと)	機器保守費	不要（電気通信事業者対応）	セルラー：不要（電気通信事業者対応） ノンセルラー：機器保守費
運 用 資 格		無線従事者の資格（第三級陸上特殊無線技士）が必要 資格は 1 日間の講習で取得可能	な し	な し	な し
設 置 の 許 可 等		総合通信局の免許が必要	不 要	電気通信事業者へ申込のみで可	不要
伝 送 速 度		200、1,200bps まで	300bps～144kbp 程度 (選定機器による)	最大 64kbps～10Gkbps 程度(選定サービスによる)	180bps～20kbps 程度 (設定等による)
通 話		データと切替使用	不可	不可	不可
ビット誤り率		$1 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$	不特定	不特定	不特定
回 線 構 成		放射状 中継局が必要となる場合もある	放射状、樹枝状、ループ状 中継局が必要となる場合もある	不特定	放射状、樹枝状 中継局が必要となる場合もある
TM・TC の方式 (1) 対 向 方 式 (2) 収 集 方 式		1:1、1:N ポーリング	1:1、1:N ポーリング	1:N ポーリング	1:N ポーリング
備 考		無線局の更新手続は 5 年ごと		基本的にベストエフォート型のサービスであり、通信速度は保証されない サービスエリアの確認が必要	名前のとおり、低消費電力で長距離通信が可能であるが、小容量のデータ伝送やデータ収集の間隔が長くても問題がない用途等に適用するなどの検討が必要

(2) 自営線

① 自営線の利用

自営線は一般に次の場合に用いる。

- (a) 比較的近距离（3 km 未満）で情報量が少なく直送式の伝送が有利な場合
（子局～孫局間の伝送など）
- (b) 比較的遠方（3 km 程度以上）若しくは情報量が多く、デジタル伝送式を用いる場合で自営線の電線路の布設が容易な場合（管路と同時布設など）。
- (c) 回線使用料を少なくしたい場合。

（注）自営線の布設に当たり、管がつぶれるなどの事故が起きないように土木工事と事前に協議すること。

② 自営線の種類

自営線ケーブルとしては一般的にメタリックケーブル又は光ファイバケーブルを使用する。

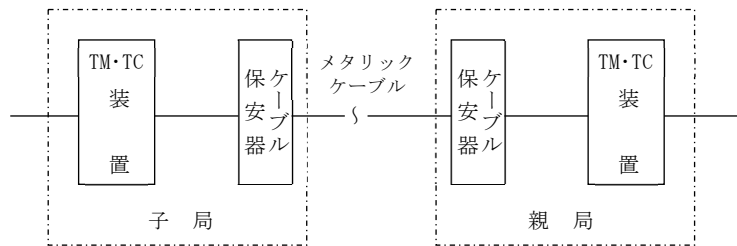
ケーブルの種類としては、誘導雷対策のため銅又はアルミテープによるシールドを施したケーブル（FCPEV）を使用することが望ましい。

光ファイバはメタリックケーブルに比較して、一般に次のような特徴が挙げられる。

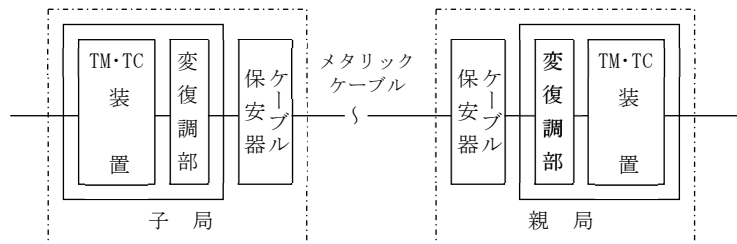
- ・誘導雷の影響がないこと。
- ・漏話がないこと。
- ・広帯域であること。
- ・低損失であること。
- ・軽量であること。
- ・細径であること。

③ 構 成

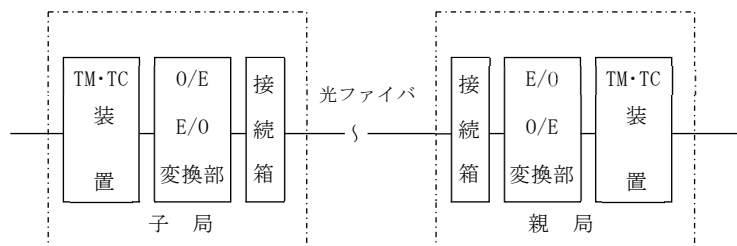
自営線による伝送回路の構成例を図 2. 1-20 示す。



(a) 直送式メタリックケーブル方式



(b) 搬送式メタリックケーブル方式



(c) 光ファイバ方式

(注) ケーブル保安器、変復調装置及び O/E、E/O 変換部は、一般に TM・TC 装置に実装される。

図 2.1-20 自営線構成図

(3) NTT 回線など

① NTT 回線などの種類

NTT 回線など (NTT、KDDI など) は専用線 (デジタル、符号品目、帯域品目)、加入線 (アナログ、ISDN (サービス総合デジタル通信網: Integrated Services Digital Network))、地域 IP 網接続サービス (光、ADSL、ISDN) などがある。この中で ISDN (加入線) は NTT が INS ネット 64 等として提供している。映像と監視・制御を一体で伝送できるが使用料金は高額となる。代替回線として、定額料金制である地域 IP 網接続サービスを利用することが多い。

② 構成

(a) 専用線

NTT 専用線は NTT の所有する電話線の中の回線を、契約したユーザ専用に専用使用を認めたもので、利用料は通信量にかかわらず月額固定料金となっている。

NTT 専用線は帯域品目と符号品目及びデジタル回線に大別され各々さらに細かく区分されている。

通常水管理制御システムでは、これら回線のうち帯域品目中の最低区分である 3.4kHz 規格を使用することが多い。

NTT 専用線の場合、子局の数だけ回線が必要となる。

なお、NTT 専用線は、近々サービスが終了される見込みなので、設計に当たっては注意すること。

(b) 加入線

加入線は通常の電話回線のことで、通信の必要のある時にダイヤル信号を送出し相手局との回線を構成する。アナログと ISDN(デジタル)に区分され、利用料金は基本料金+通信度数料金となるため、毎正時観測を行うような場合は専用線の方が有利となることが多い。

また、TM・TC 装置用回線として加入線を用いる場合は、ダイヤル信号を自動的に発着信する網制御装置 (NCU: Network Control Unit) を必要とする。

NTT 加入線の場合、親局、子局にかかわらず各局 1 回線の引き込みでよい。

なお、加入線は新規受付が停止されているので、設計に当たっては注意すること。

(c) 地域 IP 網接続サービス(光、ADSL、ISDN)

地域 IP 網接続サービスは光回線、ADSL 回線、ISDN 回線を利用して提供されるもので、常時接続、月額定額料金の回線である。

地域 IP 網接続サービスは、インターネットを用いず通信事業者のネットワーク内のみで通信を行う IP-VPN と、インターネットを用いる 2 種類に分かれる。

水管理制御システムで使用する場合は、セキュリティのために IP-VPN サービス(通信事業者の閉域ネットワーク)を付加して使用してきた。現在もオンプレミス方式の場合は IP-VPN サービスを用いるが、クラウド方式では IP-VPN サービスを用いず、インターネットを利用する例が多い。

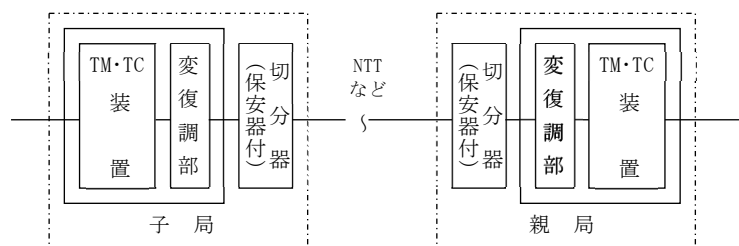
インターネット回線を使用する場合は、インターネット VPN サービスを付加した上で、重要度によっては更に追加のセキュリティ対策を検討する必要がある。

地域 IP 網接続サービスを用いる場合は、10Base-T などのインタフェースを持つ TM・TC 装置にルータを付加する。さらに、各々の回線に接続するために、加入線では ADSL モデム(買い取り又はレンタル)、ISDN では TA(ターミナルアダプタ。ルータに内蔵が一般的)、光では回線終端装置(レンタル)が必要である。

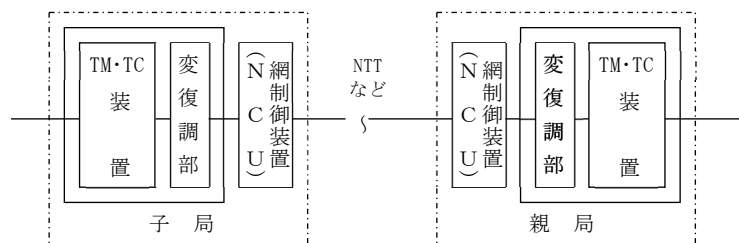
ADSL、ISDN、INS ネットサービスは今後廃止が予定されているが、有線回線のみならず、携帯電話の電波も届かないダム管理所等、代替回線がない場合は上記期限以降もサービスは継続される可能性がある。ただし、NTT 収容局内の機器は古いまま更新されないため、いずれサービスは終了する。また、前述の TA も入手困難となっているため、サービスの継続は難しい。

このため、信頼性の検討を行った上で、衛星インターネット回線や、距離が短い場合は光自営線などの検討を行う必要がある。

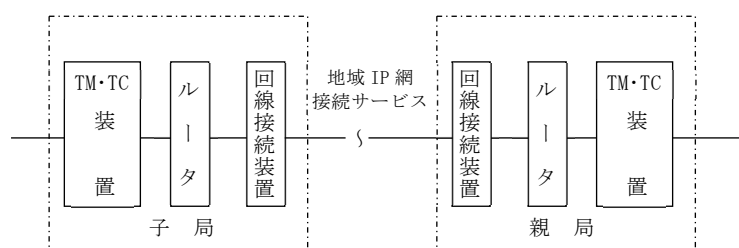
専用線・加入線・地域 IP 網接続サービスによる構成例を図 2.1-21 に示す。



(a) 専用線の場合の構成(例)



(b) 加入線の場合の構成(例)



(c) 地域 IP 網接続サービスの場合の構成(例)

(注) 切分器、網制御装置 (NCU) 及び変復調部は、一般に TM・TC 装置に実装されることが多い。

また、回線接続装置とは ADSL モデム、TA(ターミナルアダプタ)、回線終端装置等を示す。

図 2.1-21 NTT 回線など構成(例)

(4) 無線回線

無線回線としては単一无線、多重無線及び小電力無線のように自営で設置するものと、電気通信事業者が提供する携帯電話回線がある。

単一无線や多重無線を使用する場合は無線局免許の申請と無線従事者資格を必要とする。

無線回線の構成例を図 2.1-22 に示す。

単一无線は複信と単信に区分される。

① 単一无線

複信は、一般の電話回線のように同時に送信と受信が行える回線であり、調整制御を行う場合に用いる。しかし、無線周波数が 2 波必要となるが、現在の電波事情では 2 波を許可されることは困難なため、実際にはあまり使われていない。

単信を採用する場合は、NTT 回線の利用が困難な山中の場合や、遠方で NTT 回線を使用すると回線使用料が高価となる場合、あるいは放流警報などの災害時の伝送が重視される場合などで

ある。単信は同時に双方向の伝送ができず、調整制御には適さないため、オン・オフ制御や設定値制御で対応する。

② 多重無線

多重無線は監視制御情報のほか、電話、ファクシミリ、映像など複数の信号伝送を行う場合に限られるので、管理所間などでの大容量伝送などで用いられる場合を除き、農業用としてはほとんど用いられない。

③ 小電力無線

小電力無線は一部を除いて無線局の登録や無線従事者資格を必要としない無線である。特定小電力無線、無線 LAN、無線リピータなどがこれに属する。小電力無線を利用する場合は、無線装置間で見通しがあることが前提となる。特定小電力無線は河川から観測局舎までの距離が長い場合の水位データ伝送などに用いられることが多い。

また、無線 LAN や無線リピータは伝送容量が大きいので、ダム対岸からの映像データ伝送などに用いるほか、子局～孫局間のデータ伝送などに用いることが考えられる。

④ 携帯電話回線

これまで、携帯電話のパケット通信は、子局側は携帯電話の代わりをする通信機器を TM・TC 装置に接続して構成し、中央管理所側はデジタルアクセス 64(DA64)などの高価なデジタル専用線や ISDN を利用して電気通信事業者の収容局に接続する必要があった。

また、携帯電話部分の料金は送受信したデータ量に応じて通信料がかかる従量制が多く、一定の通信量以上となると通信速度が低下するサービスが多い。したがって、子局数が比較的多く、小容量データを収集するテレメータ・システムに適する。

なお、IP-VPN ではなく、インターネット回線を用いる場合、高価なデジタル専用線を利用しなくても接続可能であるが、回線品質やセキュリティに対する検討が必要となる。

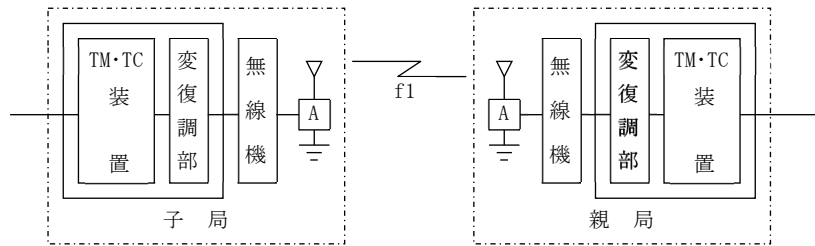
また、無線に関する事項は「土地改良事業用無線等通信の手引き（18 農振第 604 号平成 18 年 6 月 23 日付け農村振興局整備部長通知）」を参照すること。

⑤ LPWA (Low Power Wide Area) 無線通信

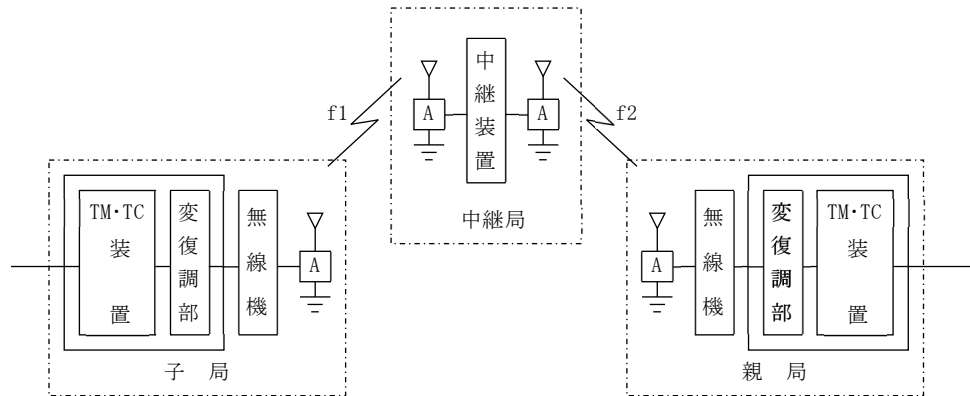
LPWA 無線通信は無線局の登録や無線従事者資格を必要としない無線である。通信事業者が提供するセルラー LPWA と、企業や個人が自由に運用できるノンセルラー LPWA がある。水管理システムでは通信キャリアがカバーする広域エリアの通信は必要ないため、ノンセルラー LPWA を用いることが多い。

LPWA は伝送容量が小さいため、点数が少なく制御がない水位・流量データ伝送などに用いられることが多い。

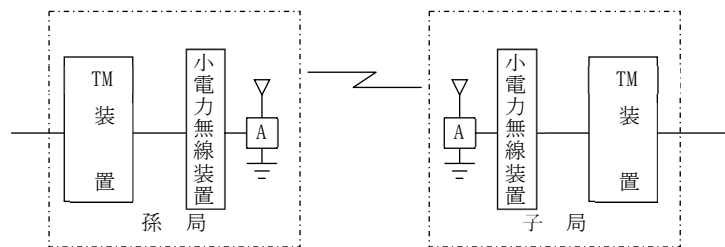
ノンセルラー LPWA を利用する場合は、無線装置間で見通しがなくても良いが、無線の性質上、大きな障害物があると通信できないため、注意を要する。



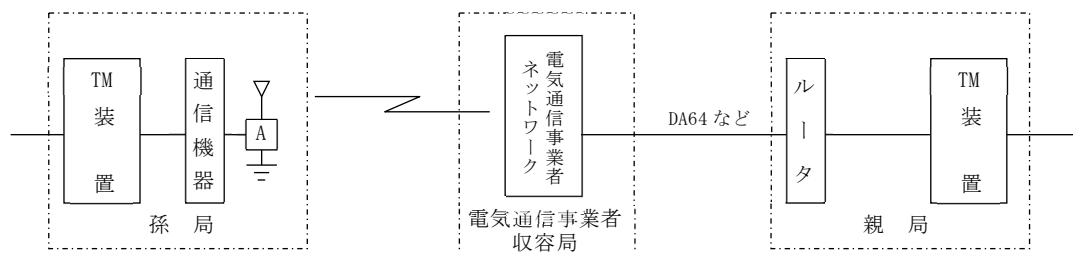
(a) 単一无線で中継局がない場合の構成 (例)



(b) 単一无線で中継局がある場合の構成 (例)



(c) 小電力無線の場合の構成 (例)



(d) 携帯電話の場合の構成 (例)

∇ : 空中線 □A : 避雷器

(注) 無線機及び変復調装置は、一般に TM・TC 装置に実装される場合が多い。

図 2.1-22 無線回線構成 (例)

2.1.7 対向方式

TM・TC の対向方式を大別すると、子局数が 1 局の場合と複数局の場合に分けられる。さらに複数局の場合は、経済性、信頼性の点からいろいろな形態が採用される。

対向方式は、図 2.1-23 のように分類される。

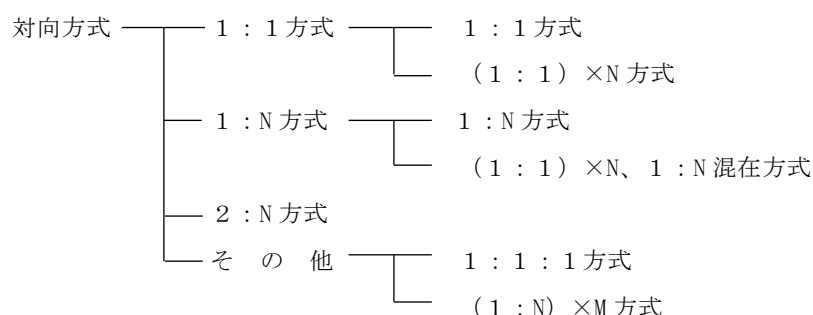


図 2.1-23 TM・TC の対向方式

(1) 1 : 1 方式

親局 1 局に対して子局が 1 局である対向形で、TM・TC の基本的な構成である。



図 2.1-24 1 : 1 方式の構成

(2) (1 : 1) × N 方式

親局 1 局に対して子局が複数局 (N 局) ある場合で、1 : 1 方式が複数系統ある TM・TC をいい、無線の場合、電波の割り当ての問題で非常に難しいため、ほとんどが有線の TM・TC に適用される。

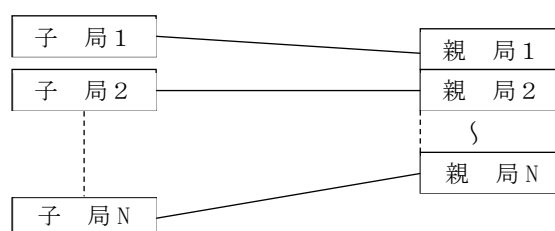


図 2.1-25 (1 : 1) × N 方式の構成

(3) 1 : N 方式

親局 1 局に対して子局が複数局 (N 局) ある場合で、親局の基本部は 1 系統だけでよい TM・TC である (親局の出力部は複数局分必要となることが多い)。親局から子局に対して、有線の場合は回線切換 (Scanning)、無線の場合は局呼出 (Polling) によりデータの収集が行われる。

この方式は、広域に点在する設備の状態監視・計測値の収集などの場合で、比較的状态監視や計測周期が長くてもよい TM・TC に適用される。

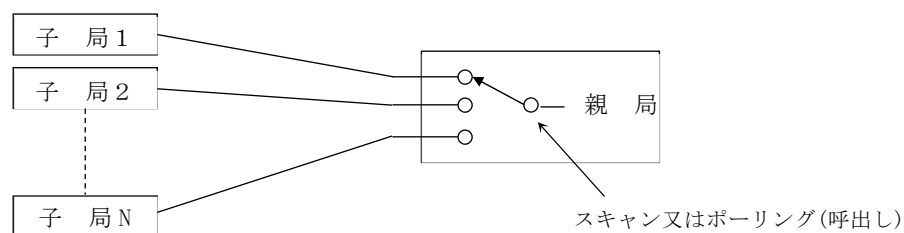


図 2.1-26 1 : N 方式の構成

(4) (1 : 1) × N、1 : N 混在方式

情報伝送を (1 : 1) × N 方式、制御伝送は 1 : N 方式で構成された TM・TC である。

この方式は、比較的頻繁に制御しないような TM・TC に適し、前述の (1 : 1) × N 方式より親局のコストが低減される。

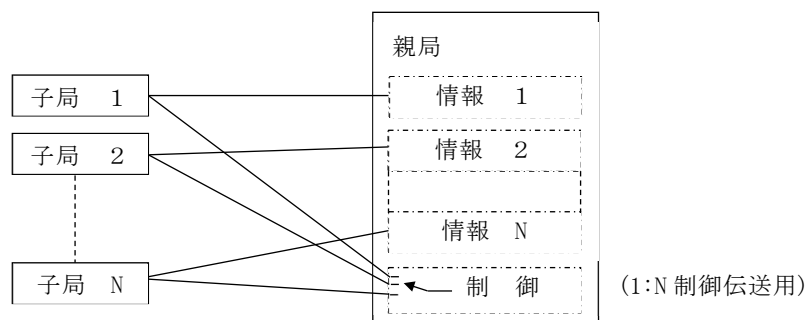


図 2.1-27 (1 : 1) × N、1 : N 混在方式の構成

(5) 2 : N 方式

このシステムは親局 2 台で構成し、N 局の子局を監視制御する (1 : 1) × N 方式と、1 : N 方式のそれぞれの特徴を生かした TM・TC である。通常は、親局 1 で 1 : N 方式によるデータ収集を行い、制御時には親局 2 により制御対象局の選択を行い、1 : 1 方式によるデータ収集と制御をすることができる。制御結果の確認を確実にできるとともに、制御されていない他の子局は親局 2 の制御操作時間に関係なく、親局 1 により一定周期でデータ収集を続けることができるので、制御操作時間が長くなっても他の子局の異常などは通常と変わりなく検知することができる。

また、親局が 2 台構成であることから一方に機能を代行させることができ、システムダウンによる影響を最小限にすることができる。

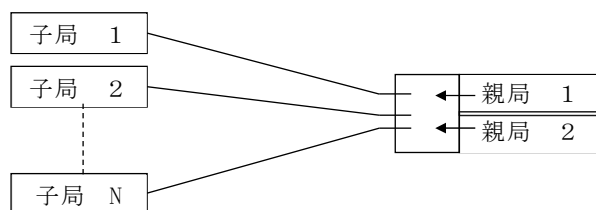


図 2.1-28 2 : N 方式の構成

表 2.1-4 に各種 TM・TC の対向方式の比較を示す。

表 2.1-4 TM・TC 対向方式の比較

No	項 目		(1 : 1) ×N 方式	(1 : N) 方式	(2 : N) 方式
1	使 用 回 線 数		N 回 線	N 回 線	N 回 線
2	適 用 伝 送 路		・有線(自営線) ・有線 (NTT 線など) ・多重無線	・有線 (自営線) ・有線 (NTT 線など) ・無線 (70MHz) ・ " (400MHz) ・ " (400MHz 多重)	同 左
3	NTT 線などを使用する場合の回線借用料		同 じ (各方式での回線数が同じ場合)		
4	情 報 周 期 (同一容量同一伝送速度の場合。)		情報周期は短い	情報周期は非常に長くなる (極端に言えば(1:1)×N方式のN倍となる。)	(1:N)方式に同じ
5	制 御 性		制御性が良い	制御性は悪い(他の局の情報がストップする。)	制御性が良い
6	TM・TCの信頼性(安全性)		信頼性が高い	信頼性が低い(親局断で情報が全てストップする)	信頼性が高い(親局バックアップ有り)
7	TM・TCの拡張性		随時増設が可能	増設可であるが改造が伴う	同 左
8	経 済 性 (設備費)	制 御 あ り	一般的に N≦4の場合(1:N)方式と同程度、N>5で割高になる	N>5で割安Nの局数が多ければ多いほど割安となる	同 左 (オプション機能により価格差あり)
		監 視 の み	N>3～4で割高になる	N>3～4で割安	同 左 (オプション機能により価格差あり)
9	経 済 性 (維 持 費)		同 じ		
10	総 合		(イ)TM・TCとして信頼性を欲する場合 (ロ)TM・TCとして拡張性を欲する場合 (ハ)局ごとに制御があり、制御性の良いシステムを組む場合	(イ)各局の情報を入手し、計測監視だけをする場合(計測、監視結果に基づいて制御は行われない場合で、迅速な情報収集をしなくても良い場合) (ロ)局数が多く1局当たりの制御点数が少ない場合	(イ)(1:N)方式と同様であるが、さらに信頼性及び制御性を向上させたい場合

2.1.8 起動方式

起動方式は、デジタル伝送方式において、情報を収集・監視する方式としてサイクリック式、ポーリング式、ランダム式、コンテンション式、セレクトイング式に区分できる。TM・TCで要求される監視周期に適する方式を選定する。水管理制御システムにおいてはコンテンション式、セレクトイング式はあまり使われていないので他の3方式の用途・特徴を表2.1-5に示す。

IP伝送方式では、3方式とも選定可能である。

表 2.1-5 起動方式の用途・特徴

起動方式 用途・特徴	サイクリック式	ポーリング式	ランダム式
1. 特 徴	子局から親局又は親局から子局へ連絡をして繰り返し伝送する。 同期 データ I データ N フレーム 上りと下りは独立してフレームの信号を繰り返し連続して伝送する。	親局から子局を1局ずつ順番に呼び出す。呼ばれた子局は、データを返送する。 呼出し データ 子局 III 呼出し データ 子局 N 順番は予め決められているが優先して伝送する情報がある場合は、その局にジャンプする場合もある。	子局に状態変化があったとき自動起動して親局へデータを送る。 データ 子局 III 状態変化 データ 子局 N 状態変化 複数の子局が同時起動した場合は、例えば若いNo.の局が優先する。
2. 用途、監視周期	1分以内に伝送する必要がある場合 ダム貯水位 制御時のゲート・バルブ状態など	10分～数時間ごとに伝送する必要がある場合 用水路流量 雨量・水位 TM など	(月～週)1回程度の頻度でよいが状態変化が生じた場合は速やかに伝送する必要がある場合
3. 適用回線			
(1) 自営線	○	○	○
(2) NTT 専用線	○	○	△
(3) NTT 加入線	×	○	○
(4) 単信無線	×	○	○
4. 対向方式			
1:1	○	△	△
1:N	△	○	○
2:N	△	○	○
5. 通信方式			
(1) 単向通信	○	×	△
(2) 半二重通信	△	○	○
(3) 全二重通信	○	△	×

(注) ○：適用可

×：適用不可

△：適用可であるが現場条件に採用される

2.1.9 通信方式

通信方式は、データの流れる方向によって、単向通信方式、半二重通信方式、全二重通信方式に分類できる。また、データ伝送路には2線式伝送路、4線式伝送路などがある。

(1) 単向通信方式

送信者と受信者が固定していて、常に一方方向にだけデータを伝送する方式を単向方式という。単向通信の場合、伝送路は2線式になる。

単向通信方式の構成例を図 2.1-29 に示す。

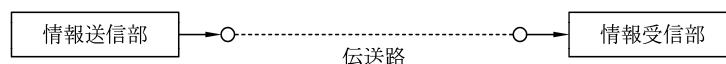


図 2.1-29 単向通信方式の構成（例）

(2) 半二重通信方式

情報送信部と情報受信部を必要に応じて切り替える通信方式を半二重通信方式という。

どちらの方向にもデータ伝送できるが、同時に両方向に伝送することはできない。押しボタン式のトランシーバーのように、送信と受信を交互に切り替える。伝送路は単向通信方式の場合と同様に2線式となる。

半二重通信方式の構成例を図 2.1-30 に示す。

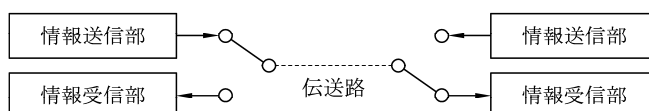


図 2.1-30 半二重通信方式の構成（例）

(3) 全二重通信方式

送信をしながら同時に受信できる通信方式を全二重通信方式という。伝送路については、同時に両方向へのデータ伝送をするには、送信用と受信用の2対の伝送路が別々に必要なので4線式となる。

しかし、2線式伝送路でも全二重通信は可能で、伝送路を多重化する技術によって、2線式伝送路を見かけ上4線式伝送路として使用することができる。2線式伝送路で同時に送受信する方法には、伝送路を周波数に分割して高い周波数と低い周波数で送受信を分ける方法、伝送路を時間的に分割する方法などがある。このうち、周波数で送受信を分ける方法は、NTT 専用回線帯域品目を利用する伝送速度 200bps 以下の TM・TC システムに広く採用されている。

全二重通信方式の構成例を図 2.1-31 に示す。

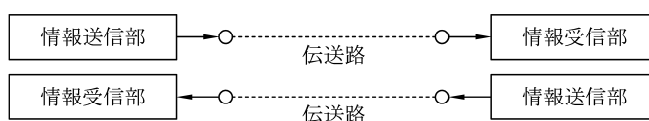


図 2.1-31 全二重通信方式の構成（例）

2.1.10 通信手順

デジタル伝送方式は無手順と有手順に分類される。伝送回路をとおして情報を伝送する場合、相手との接続、相手の確認、伝送の終了確認や回線の切断などについて通信する相互間であらかじめ規則をとり決めておく必要がある。

このようなデータ伝送に付帯する制御や手続きを決めた規則を総称して伝送制御手順（プロトコル）という。

回線が固定されており、1：1の単向通信の場合を無手順といい、単信又は複信方式で相互に確認しながら伝送する方式を有手順という。

水管理制御システムで用いる方式は無手順の CDT 方式、有手順の HDLC 及び BSC 方式が代表的である。

各方式の比較を表 2.1-6 に示す。

なお、IP 方式の通信手順は、OSI 参照モデルの各層ごと多岐にわたり、それぞれの層の通信手順を組み合わせて用いるため、ここで一つずつ示すことはしない。各通信手順には得失があるため、目的に応じて適切な通信手順を選定するものとする。

表 2.1-6 通信手順の比較表

項 目	CDT 方式	HDLC 方式	BSC 方式
1. 通信方式	単向通信	半二重又は全二重通信	半二重通信
2. 接続方式	ポイントツーポイント(直通)	ポイントツーポイント(直通) マルチドロップ(分岐)	ポイントツーポイント(直通) マルチドロップ(分岐)
3. 起動方式	サイクリック方式	コンテンション方式 ポーリング・セレクトイング方式	コンテンション方式 ポーリング・セレクトイング方式
4. 同期方式	フレーム同期	フレーム同期	SYN 同期
5. 手 順	無手順	有手順	有手順
6. 通信速度	MAX1200bps	MAX48 k bps	MAX9.6 k bps
7. データ長	MAX32 ワード/フレーム × 2 フレーム	2,000 ビット/フレーム × n フレーム	256 バイト/ブロック × n ブロック
8. データに対する適応	常時監視する必要がある監視、計測情報の伝送に適する	各種の情報(監視、計測、メッセージ)を大量に伝送する場合に適する	メッセージ情報伝送に適する
9. 拡張性	大量情報伝送はチャンネルの増加で対処する	連続転送、同時転送などが可能で拡張性に富む	常時監視情報に対してはくり返し送受信されるため情報が増えると処理不能となる
10. 検定方式	連送照合+パリティ検定+定マーク検定(制御のみ)	巡回符号検定 (CRC)	同左
11. 汎用性	監視、計測信号伝送に限定	トランスペアレント伝送により多種類の情報伝送が可能	キャラクタ伝送に限定
12. 経済性	常時監視の情報が多い場合は経済的 また、サイクリック伝送装置として独立しているためシステム構成がしやすい	各種の大容量情報の場合は経済的 ただし、伝送処理は複雑となる	監視、計測情報についてはコード変換が必要であり、処理機能が高価となる
13. 運用回線	自営線、NTT 専用線	同左	同左
14. 規 格	電気学会・通信専門委員会		JIS X 5002

中央管理所とダム現場管理所間又は他システムと比較的容量の多い情報交換を行うデータ転送装置は、従来から用いられている CDT、HDLC 方式と近年用いられている LAN 方式の 2 方式を原則とする。

各データ転送方式の一般的な特徴は表 2.1-7 に示すとおりである。

表 2.1-7 データ転送方式の一般的な特徴

項 目		CDT、HDLC 方式	LAN 方式
概 要		特定相手とのプロセスデータ※の伝送用として開発された製品であり、テレメータ、テレコントロールの技術若しくは製品をベースにしており実績が多く、信頼性も高い製品である	インターネット技術として開発された TCP/IP プロトコルを用いてネットワーク通信を行うための装置として開発された汎用性の高い製品である
リアルタイム性		◎	○
伝送データ	プロセスデータ	◎	○
	テキストデータ	△	◎
	画像、音声など	×	◎
伝送先	特定相手	◎	◎
	不特定多数	×	◎
機器の信頼性		◎	○

◎：優れる ○：普通 △：やや劣る ×：不可

※ プロセスデータとは機器の ON/OFF 状態、水位、圧力などの計測値及び機器の操作指令などの信号を総称したものである。

2.1.11 同期方式

情報を“1”“0”の直列パルス列として送受信するデジタル式データ通信においては、送受信両側で各ビットの位置やビット列の始めのタイミングを合わせる必要がある。このことを“同期”という。

同期をとるためには、まず、各ビットのタイミングを合わせ（ビット同期）、その上で文字やブロックの先頭を知るために先頭を示すビット又はビット列を基に、文字やブロックの始まりを識別する（キャラクタ同期方式、ブロック同期方式など）。同期がうまく取れないと受信側ではデータがどこから始まるかわからなかったり、見落としたりして、正確にデータを受け取れなくなる。

同期方式は図 2.1-32 のように分類される。

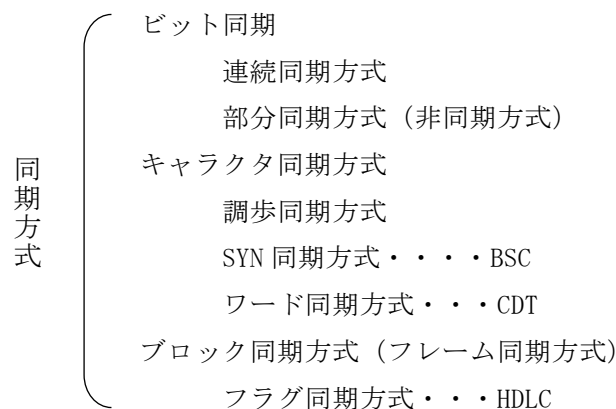


図 2.1-32 同期方式の分類

(1) ビット同期方式

ビット同期には、データ信号と別にビット同期用のタイミング信号を送送する方式（連続同期方式）と、データビット列ごとに先頭を知らせるビットをデータビット列に付加してビットの位置を知らせる方式（部分同期）がある。

① 連続同期方式

ビット単位の同期を取るため、データの他に、常に一定周期で、ビット同期用のタイミング信号を送送する方法。伝送上では、通常、同期用の信号はデータ信号波形の中に含めて伝送される。

② 部分同期方式（調歩同期方式又は非同期方式ともいう）

ビット列の先頭にデータの開始を知らせるビット（スタートビットという）を付加して伝送する方式。スタートビットが受信されるとそのタイミングからビットを一定間隔で識別できる。この方式では、中速度以下のデータ伝送に広く用いられている調歩同期方式が有名である。これは一文字分のビット列の最初と最後にそれぞれスタートビット、ストップビットを付加して伝送する方式である。

(2) キャラクタ同期方式

各ビットの同期が取れただけでは、どのビットから文字が開始されるか判別できない。キャラクタ同期は、ビット列の中から受信側が文字を識別できるようにするための方式である。

① 調歩同期方式

データビット列の始めと終わりにスタート/ストップビットを付加して文字を検出する方法。調歩同期は 300～1,200bps 程度の比較的低速で使われる。この調歩同期はビット同期とキャラクタ同期を兼ねた同期方式である。

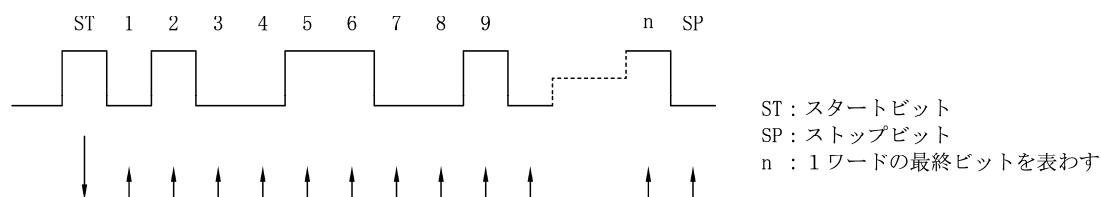


図 2.1-33 調歩同期方式タイムチャート

② SYN 同期方式

キャラクタの始めを識別できるようにするために特定の符号 (SYN キャラクタ) をデータの前につけて伝送する方式。BSC 方式で使用されている。

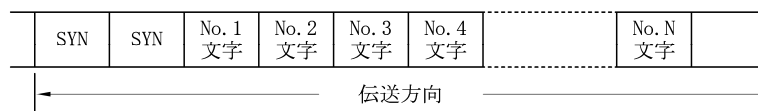


図 2.1-34 SYN 同期配列図

③ ワード同期

各フレームの始めに同期ワードを付加して以下に続く情報ワードを認識する方式。CDT 方式で使用されている。

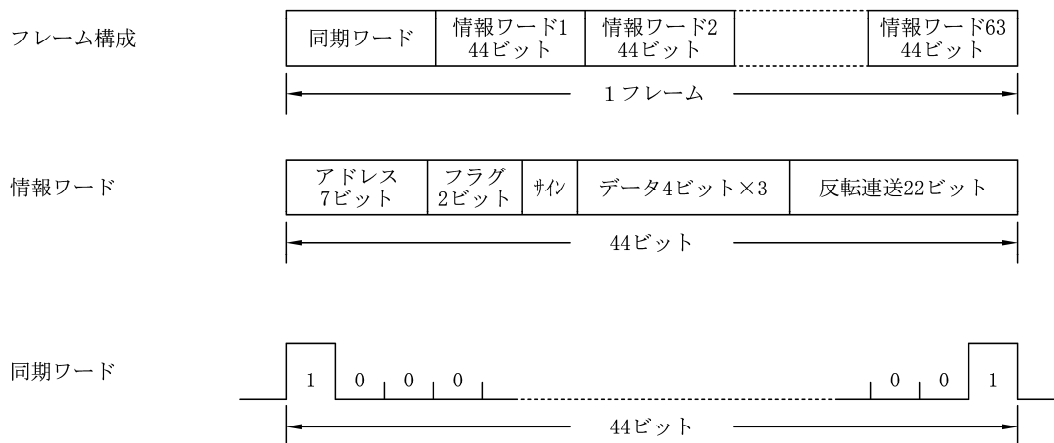


図 2.1-35 44 ビット CDT 符号構成図

(3) ブロック同期

データブロックの最初と最後にフラグパターン (FRG) を付加してブロックの先頭 (と終わり) を知ることができる同期方式である。ブロック同期にはフラグ同期などがある。

① フラグ同期

データブロックの前後に特定のビットパターン (FRG:01111110) をつけて送出することにより受信側でブロックの識別を可能にする方式。任意のデータ符号を送出することが可能であり、HDLC で用いられている。HDLC 方式のフレーム構成を図 2.1-36 に示す。

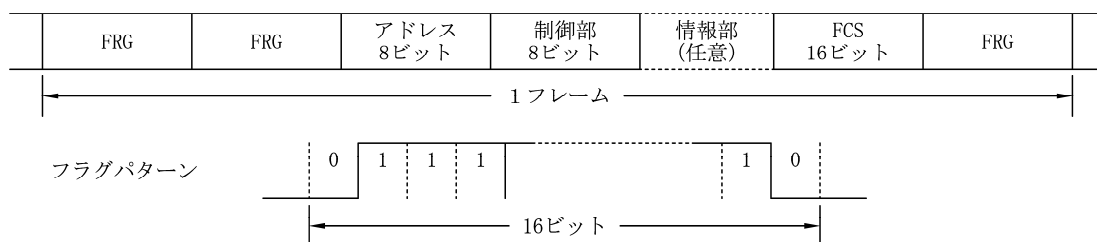


図 2.1-36 HDLC フレーム構成図

各同期方式の比較を表 2.1-8 に示す。

表 2.1-8 同期方式の比較

	非同期 (調歩同期)	キャラクタ同期	ブロック同期
伝 送 効 率	低い	比較的高い	高い
伝 送 対 象	キャラクタのみ	キャラクタのみ	任意データの伝送が可能
伝 送 速 度	低速	中高速	中高速
同 期 の 回 復	早い	遅い	遅い
回 路 構 成	簡単	複雑	複雑
用 途	低速伝送	中高速伝送	高速伝送

2.1.12 誤り検定方式

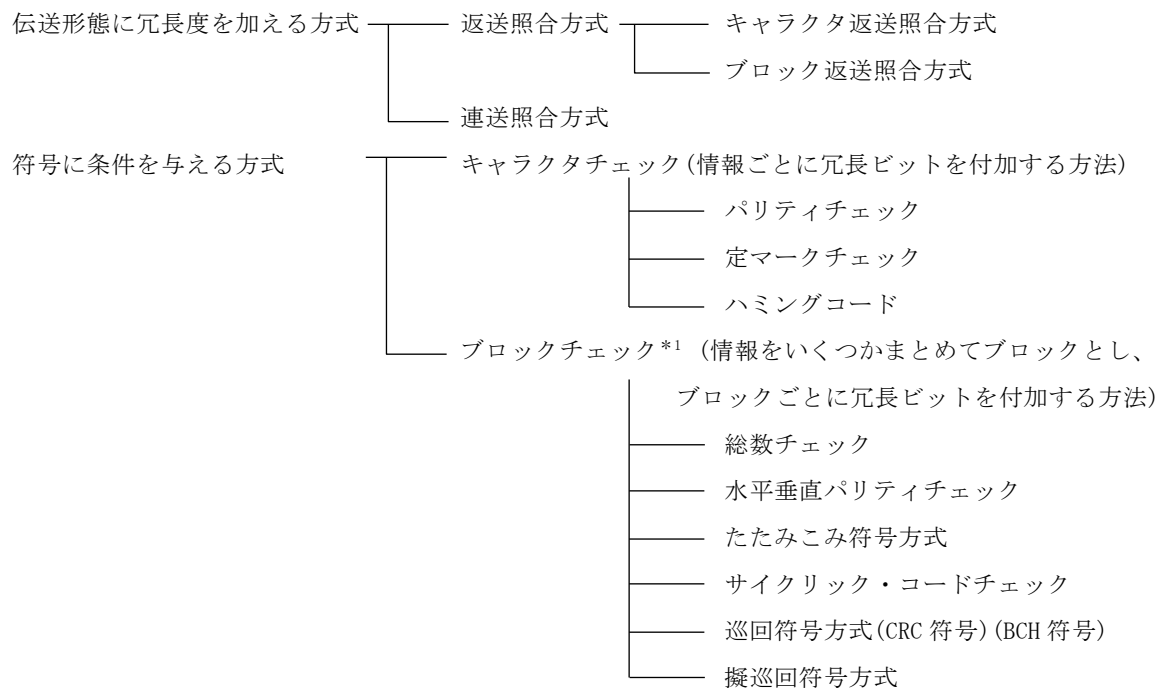
データ伝送回線では、データを伝送している際、伝送信号は雑音や瞬断などの妨害を受け、伝送波形に歪が発生し受信信号の中に $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-6}$ 程度の割合で誤りを発生する。データ伝送を利用する側としては、誤りの発生が皆無あるいは無視できる程度に小さいものであることや、また誤りが発生したらそれを検知し、データ更新をしないなどが要求される。この要求を満たす方法としては、伝送路の電気的特性を改善して、十分満足させる程度まで誤り発生の確率を下げる（しかし経済的に、また技術的に限界があり満足な結果が得られない）。その検出した誤りを何らかの方法で訂正を行うことによって実効上の伝送品質を高める（この方法が一般的に行なわれている）。

誤りを検出する方法は、簡単なものから複雑なものまでいろいろな方式があり、それぞれ誤り検出能力（いいかえれば誤りを見逃さない能力）が異なっている。誤り検定の基本的な考え方は「チェック部（つまり冗長度）を付加して信頼性を向上させる」ことにほかならない。一般的に、冗長度を増加すれば信頼性は向上するが伝送効率は悪くなる。この両者の兼ね合いが重要になってくる。

水管理制御システムにおけるテレメータは、信頼性を重視する必要がある。通信手順が CDT 方式の場合は、連送照合方式＋パリティチェック＋定マークチェック（制御のみ）を採用する。通信手順が HDLC、BSC の場合は、巡回符号検定（CRC）を採用する。

なお、IP 方式の場合、第Ⅱ編 2.1.10 項の通信手順にあるように、通信手順が多岐にわたるため、ここでは通信手順ごとの誤り検定方式を示さないが、目的に応じて適切な誤り検定方式を選定するものとする。

(1) 誤り検定方式の分類



*1 ブロックチェック方式：伝送路で誤りの発生が比較的少ない場合、キャラクタごとに確認するよりも、ある程度まとめてチェックし、確認する方が伝送効率的である。このため符号をいくつか集めてブロック（50～100 字程度）として伝送する方式である。

図 2.1-37 誤り検定方式

(2) 誤り検定方式の比較

各種検定方式の比較を表 2.1-9 に示す。

(3) 各種方式の組合せ

実際の伝送設備としては、上記各方式が組合せられている場合が非常に多い。組合せという観点から、各方式を次の三つのグループに分けられる。

- ① A 形：（組合せを行なわない場合効果が著しくないもの。）
 - ・ パリティチェック
 - ・ 総数チェック
 - ・ たたみ込み方式
- ② B 形：（組合せを行なわなくてもかなりの効果が期待できるもの）
 - ・ 水平・垂直パリティチェック
 - ・ 巡回符号方式
 - ・ 擬巡回符号方式
 - ・ 定マークチェック
 - ・ ハミング符号
 - ・ BCC（サムチェック）

③ C形：(殆んど組合せの対象とされるもの)

- ・ 連送照合
- ・ 返送照

表 2.1-9 検定方式の比較

特性 検定方式		伝送形態に冗長度を加える方式		符 号 に 条 件 を 与 え る 方 式						
		返送照合方式	連送照合方式	垂直パリティ チェック	定マークチェ ック	ハミングコード	チェックサム (総数チェック)	水平垂直パリテ ィチェック	たたみこみ符号 方式	CRC (巡回符号方式)
伝 送 効 率		0.5	0.5	1 近辺	1	0.6～1	1	1 近辺	0.5	0.6～1
誤り 見逃し率	ランダム誤り	普通	普通	不良	普通	不良	普通	良	良	良
	バースト誤り	良 n ビットまで 0%	良 n ビットまで 0%	普通 偶数個が相反し ての誤り発生の 場合見逃しは 100%	(不定)	(不可)	(不定)	普通水平パリテ ィのビット数ま で 0%	良	普通チェックビ ット数以下の誤 り 0%
誤り検出遅れ n:総ビット数 N:伝送項目数		2n ビット	2n ビット	N ビット	n ビット	n ビット	n ビット	1 ブロック 水平パリティビ ット数×垂直パ リティビット数	N	n ビット
検 出 不 能 の パ タ ー ン		往路復路ともに 同一ビットが 2 回とも誤る場合	同一ビットが 2 回とも誤る場合	偶数個のビット が誤る場合	0→1 1→0 が同 時に起る場合	2 ビット以上	長パルスの短パ ルス化又はその 逆の場合	4 の倍数個のビ ットが誤る場合	個々にはパリテ ィと同じ	k 次多項式での k 個以上のビット 誤り
ハ ー ド ウ ェ ア	方 式	比較	比較	カウント	デコード・エン コード方式又は カウント	演算	カウント	カウント	カウントとシフ ト	演算方式
	回 路 の 複 雑 さ	簡単	簡単	簡単	融通性に欠け、 やや複雑	複雑	簡単	やや簡単	やや複雑	複雑
用 途		運転／停止、ゲ ート開／閉／停 など制御情報 監視・計測情報	同左	運転／停止、ゲ ート開／閉／停 など制御情報 監視・計測情報	運転／停止、ゲ ート開／閉／停 など制御情報	監視・計測情報	運転／停止、ゲ ート開／閉／停 など制御情報 監視・計測情報	監視・計測情報	同左	運転／停止、ゲ ート開／閉／停 など制御情報 監視・計測情報
特 徴		(1)冗長度が大きい (2)検定能力が高い (3)他の検定方式と組合せて用い られることが多い		(1)ハードウェア が簡単 (2)単独使用は検 定能力からし てあまり用い られない (3)バースト誤り に弱い	(1)奇数個のビ ット誤りは全 て検定可(検定 能力はやや高 い) (2)ハードウェア がやや複雑	(1)ビット検出訂 正が可能	(1)ワード長が一 定でないもの に使われる場 合が多い。	(1)検定能力は比 較的良好 (2)ハードウェア も比較的簡単 (3)ワードをブロ ックに構成し なくてはなら ないので検定 に要する時間 大	(1)実質的な冗長 度は大きい (2)検定能力は比 較的高い	(1)バースト誤り に強い (2)同期がとりに くい (3)訂正も可能 (4)冗長度が比較 的小さい

2.1.13 符号方式

テレメータ伝送（データ通信を含む）をする場合、情報を符号化して送る必要がある。例えばデジタル方式の場合には情報を“1”“0”のパルスコードに変換するが、その“1”“0”を伝送上の波形として前もって決めておく必要がある。

この前もって決められた方式を符号方式という。

現在のデータ伝送における符号方式には、おもに NRZI 等長符号、NRZ 等長符号、NRZ 長短符号、RZ 等長符号、RZ 長短符号の 5 種類のものがある。その他、衝流周波数、特殊符号のような特殊な符号があげられる。いずれの方式においても符号の表現形式には、パルス幅の長短、パルスの極性、パルスの有無によって分別される。

水管理制御システムにおけるテレメータでは、伝送効率がよく、高速伝送に適している NRZ 等長符号方式を主に採用する。

表 2.1-10 に符号方式の波形図、表 2.1-11 に符号方式の比較を示す。

表 2.1-10 符号方式の波形図

伝送方式	符 号 方 式	波 形	
デ ジ タ ル 方 式	NRZI 等長符号		
	NRZ 等長符号		
	NRZ 長短符号 (2:1)		
	RZ 等長符号		
	RZ 長短符号 (2:1)		
ア ナ ロ グ 方 式	衝 流 周 波 数 (矩形波の FM)	アナログ入力 0% (12Hz) " 100% (24Hz)	
	特 殊 符 号	接点入力 A " B " C	

表 2.1-11 符号方式の比較 (1/2)

伝送方式 符号方式 項目	デジタル				
	NRZI 等長符号	NRZ 等長符号	NRZ 長短符号	RZ 等長符号	RZ 長短符号
符号の説明	論理が“1”、“0”にかかわらず時間長は同じで、論理が“1”のとき必ず反転し、“0”のときは反転しない方式。	論理が“1”、“0”にかかわらず時間長は同じで、論理が“1”のとき必ずマーク“0”のとき必ずスペースである。	論理が“1”のとき時間長を長くし“0”のとき短くしている。ビットの変換点で必ず状態の反転をするため、論理とマークスペースとは一致しない。	論理が“1”、“0”にかかわらず時間長は同じであり、さらにビット内で必ずスペースにもどしているため、論理が“1”のときマークとスペースが必ずあり“0”のときスペースだけとなる。	論理が“1”のとき時間長を長くし“0”のとき短くしている。また論理にかかわらずビット内で必ずスペースにもどしているため必ずマークとスペースがある。
ワード長比*	1	1	1.5	2.0	2.5
伝送効率	1	1	2/3	1/2	2/5
冗長度	なし	なし	あり	あり	あり
耐歪性	弱い	弱い	やや弱い	やや強い	強い
耐ノイズ性	弱い	弱い	やや弱い	やや強い	強い
同期方式	調歩	調歩	ビット・調歩	調歩	ビット・調歩
回路構成	複雑	複雑	やや複雑	やや簡単	簡単
経済性	高価になりやすい	高価になりやすい	比較的高価	比較的高価	安価
適応	高速伝送	高速伝送	中速伝送	中速伝送	中速伝送

* ワード長比は、論理“1”、“0”の交互伝送した場合の比である。(平均伝送)

表 2.1-11 符号方式の比較 (2/2)

伝送方式 符号方式 項目	アナログ	
	衝流周波数	特殊符号
符号の説明	アナログの入力値にかかわらずマークとスペースが交互にありその比が常に 1 : 1 である。 しかし入力値に比例して周波数が変わる。 (例 12~24Hz)	接点入力箇所によりマークとスペースの比が 1 : 3、1 : 1、連続マークの 3 種の符号がある。
ワード長比*	連続伝送	連続伝送
伝送効率	—	—
冗長度	—	あり
耐歪性	やや弱い**	強い
耐ノイズ性	やや強い	やや強い
同期方式	—	—
回路構成	簡単	簡単
経済性	安価	安価
適応	アナログ伝送	接点連続伝送

** 矩形波の FM 信号であるためである。

2.2 処理方式

処理方式には、集中処理方式と分散処理方式の2方式がある。

従来は、分散処理方式に適した小型・高性能のパーソナルコンピュータが廉価に供給されていなかったため、ほとんどの水管理制御システムで集中処理方式が採用されていた。

しかし、小型・高性能な工業用パーソナルコンピュータ（FA パソコン）が開発されて以降、現在では分散処理方式を採用している。

2.2.1 集中処理方式

集中処理方式は、1台のデータ処理装置で、データ収集、演算、表示、記録、ファイル、転送などの処理を集中的に行う方式である。

集中処理方式は、データ処理装置に高度な性能が要求される場合や分散処理方式に比べて経済的である場合に採用を検討されている。

図 2.2-1 に頭首工現場管理所の集中処理方式構成例を示す。

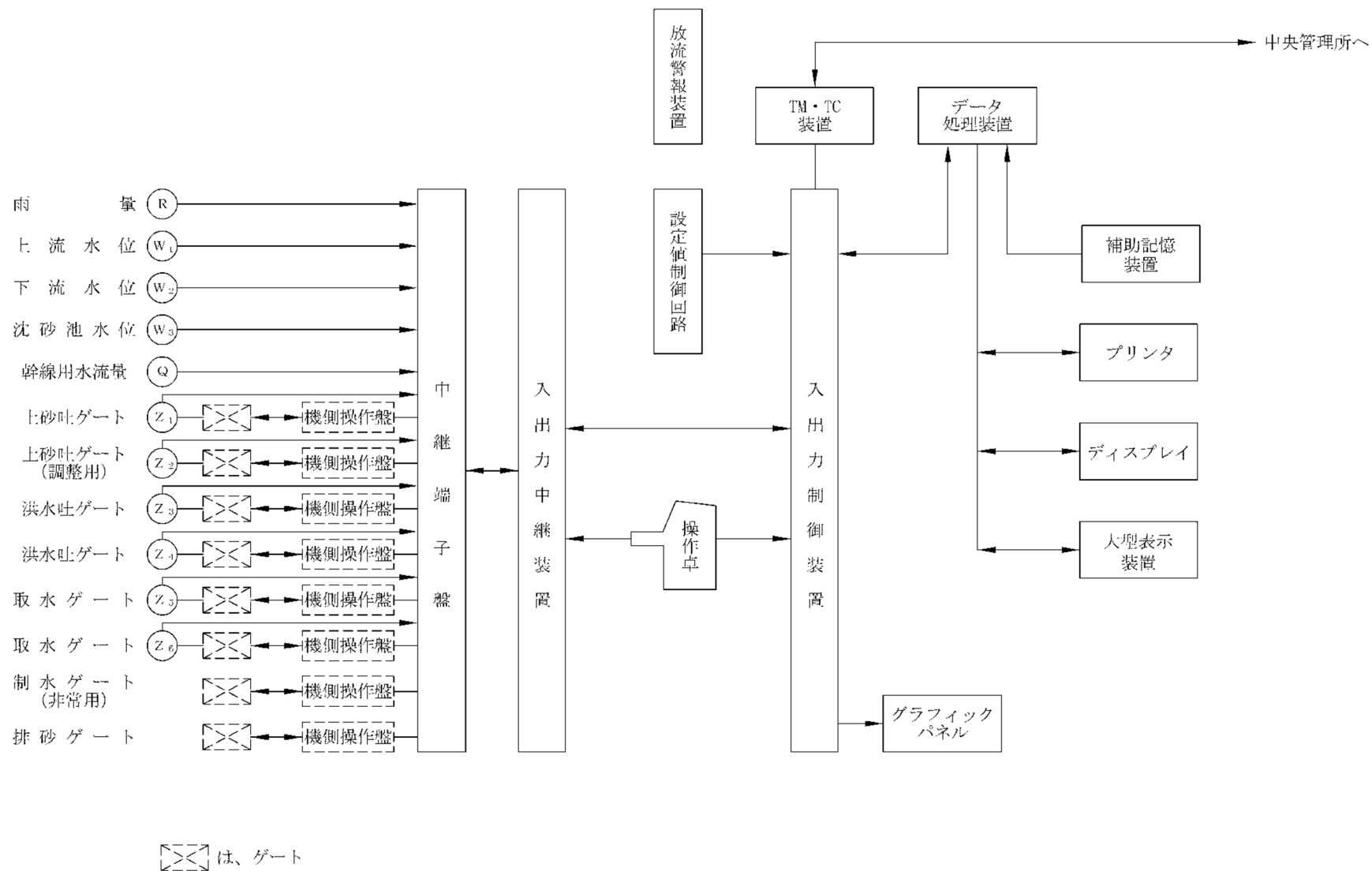


図 2.2-1 頭首工現場管理所 集中処理方式装置構成 (例)

2.2.2 分散処理方式

分散処理方式は、独立した機能（計測データの入出力機能や、H-Q 計算などの演算処理機能、データの蓄積、検索機能、ディスプレイ表示機能など）を、物理的に分散配備し、これらを通信ネットワーク（内部バス、LAN、構外伝送路など）で相互接続することによって、一つのまとまった機能を達成する処理方式である。

(1) 分散処理方式の分類

分散処理方式は、機能の物理的な分散配備方法により次の3つのタイプに分類される。

タイプ1：装置内機能分散…… 処理装置内を内部バスで結合し、マルチ CPU として装置構成する方式

タイプ2：装置別機能分散…… 構内の複数装置に処理機能を分散し、LAN などと結合し、システム構成する方式

タイプ3：地域別機能分散…… 物理的に処理機能、データの蓄積機能を分散し構外伝送路により結合し、システム構成する方式

分散処理の構成形式の例を図 2.2-2、図 2.2-3、図 2.2-4 に示す。

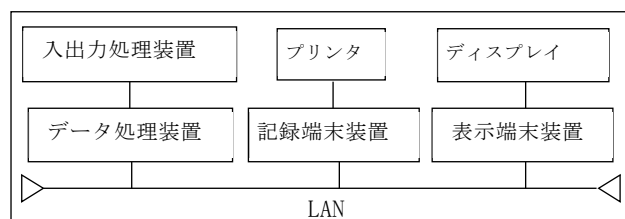
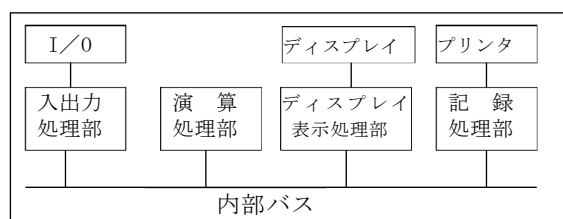


図 2.2-2 タイプ1（装置内機能分散）（例）

図 2.2-3 タイプ2（装置別機能分散）（例）

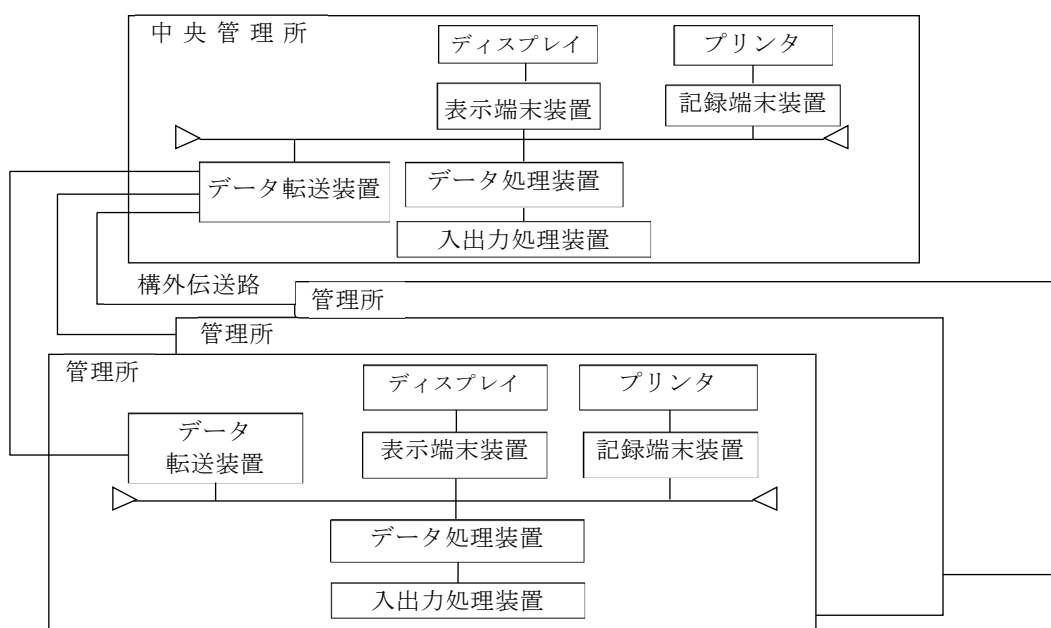


図 2.2-4 タイプ3（地域別機能分散）（例）

タイプ1は装置自体の構成方式である。複雑な処理機能や、多様な入出力処理を要求される場合は、この形式で構成されることが多いが、データ処理装置自体が特殊になり汎用性がなくなるデメリットがある。

タイプ2は入力処理、演算処理、表示処理、記録処理などの機能を別々の装置に分担させる。これにより、一つの装置の故障が全体に波及せず、また、重要な部分の二重化を図ることができるなどの信頼性の確保が図れる。

タイプ3は、タイプ2において構成された現場施設の組み合わせで構成される。各現場の処理内容は、管理体制により異なる。これはタイプ2の拡張である。

水管理制御システムにおける分散処理方式の構成に当たっては、要求機能や、汎用性のある製品の採用などの観点からタイプ2及びタイプ3のいずれかから採用するのが妥当である。また、タイプ3はタイプ2の拡張した方式であるため、以下、タイプ2を主体として述べる。

(2) 分散処理方式の特長

分散処理は、(信頼性)、(拡張性)、(経済性)の各面で次の特長を有する。

信頼性：一部の処理装置が停止してもシステム全体の停止とならないため、信頼性が向上する。

例えば、記録端末装置がシステムダウン（点検などを含む）した時も、他装置（表示端末装置、データ処理装置）は正常に動作する。

拡張性：装置間は、LANなどの伝送回路で接続されるため、相互にあまり影響されずに装置の追加・変更が可能である。機能追加・変更が必要になった時に、必要機能を持つ装置だけをLANから切り離し、追加・変更した後再度LANに接続することができる。この間他の機能は停止を必要としないため、システム変更に対して柔軟性を有する。

経済性：一括でデータ処理する場合に比べ各々の装置が小さくなり、安価なFAパソコンなどの適用が可能である。

また、分散処理システムでは、当初必要な設備のみで運用開始し、機能増設が必要となった時点でその部分のみ増設する形態がとりやすい。したがって、当初の設備投資が少なくなる。さらに、更新時にも部分的に分けて段階的な更新ができるため単年度の費用の低減が可能である。

装置を二重化する場合も重要な部分のみを二重化することが可能となるため、全体を二重化するよりも経済的に二重化のメリットが得られる。

(3) 分散処理方式と集中処理方式の比較

表2.2-1に、集中処理方式と分散処理方式の検討比較を示す。

集中処理方式に対する分散処理方式のメリットをまとめると次のようになる。

- ① 一部の装置が停止してもシステム全体としての停止とならないこと。
- ② 保守時に部分停止が可能となること。
- ③ Windowsなどの汎用OS及び汎用ハードウェアの適用が可能となり経済的になる。
- ④ システムの段階的導入・部分更新が容易であること。

表 2.2-1 集中方式と分散処理方式の比較

項目・方式	集中処理方式	分散処理方式
機能ブロック図	集中処理方式の機能ブロック図は、左側に「テレメータ」と「放流警報装置」の2つの入力装置があり、これらは「入出力制御装置」に接続されている。また、「水位計」、「流量計」、「開度計」の3つの計測装置も「入出力中継」に接続されている。この「入出力制御装置」と「入出力中継」は互いに接続されており、両方とも「処理装置」に接続されている。この「処理装置」は、演算処理、ファイル処理、表示処理、記録処理、制御処理の5つの機能を担っている。	分散処理方式の機能ブロック図は、左側の入力装置（「テレメータ」、「放流警報装置」、「水位計」、「流量計」、「開度計」）は集中処理方式と同様である。しかし、右側の「処理装置」は、演算処理、ファイル処理、表示処理、記録処理、制御処理の5つの機能をそれぞれ別の「処理装置」で担っている。各入力装置は「入出力処理装置」に接続され、この装置はそれぞれの機能を持つ分散処理装置に接続されている。
概 要	1 台の処理装置で演算、ファイル、表示、記録、制御などの全ての処理を行う方式。	機能ごとに処理装置を設けて分散処理させ、トータル的に 1 つのシステムを構成する方式。
応 答 性	1 台の処理装置で全ての処理を行うため応答性は悪くなる。 応答性をよくするためには、分散処理方式より高速な処理装置が必要である。	機能を分散するため、それぞれの処理の応答性は集中処理方式より良くなる。
障 害 時 の 影 響	処理装置に障害が発生した場合、全ての処理が停止する。	一部の処理装置が停止しても、機能分散された他の部分は動作可能である。
保 守 性 の 向 上	集中処理のため保守時の部分停止が不可能である。	機能分散されているため、部分停止が可能である。
信 頼 性 の 確 保	一部の機能停止が処理装置に大きく影響するため、システムとしての信頼性は分散処理に比べて劣る。	一部の機能が停止しても、他の部分への影響は小さく、システムとしての信頼性は向上する。
拡 張 性	拡張性を持っている。 部分更新が比較的困難である。	十分な拡張性を持っている。 部分更新が可能である。 更新単位が集中処理方式より小さくできる
定 量 性 の 評 価	一台の処理装置で全ての処理を行うため、大型の処理装置が必要である。	機能分散されているため、個々の処理装置は小型、中型で対応可能。
ソフトウェア改造への対応	1 台の処理装置で処理しているため一部の改造が他の部分に影響する。	処理が分散されているため装置単位の改造ができ、他に影響をほとんど与えない。

(4) 分散処理方式採用に当たっての留意点

① 運用管理

操作性：ヒューマン・マシン・インタフェースを有する操作卓、表示端末装置、記録端末装置、監視盤、警報表示盤などについては、それぞれの役割分担を明確にして表示と操作スイッチの対応を付け、操作が操作卓や 1 端末装置に集中しないようにするなど操作性の向上を考慮すること。

信頼性：一部の装置の故障がシステム全体としての停止とならないという分散処理の特長を生かした機能分散とすること。

保守性：水管理制御システムの定期点検／改修に際し、部分停止による保守、保守容易な構造などに配慮し、保守性の向上に考慮すること。

② 処理機能と適用装置

処理周期の異なる機能、単純な処理を繰り返し行う機能、リアルタイム処理を必要とせずバッチ処理(ある程度ためておいてからまとめて行う処理)が可能な処理、年間を通じて行われる処理と制御操作時のみ行われる処理、修正・変更が必要な機能などがあり、それぞれに対応した装置を選定すること。

2.2.3 水管理制御システムへの分散処理方式の適用

(1) 適用装置

分散処理方式に適用可能な装置には、FA パソコン、OA パソコン、PLC (プログラマブルロジックコントローラ) 等の専用装置などがある。

水管理制御システムの黎明期にはメインフレームを小型化したミニコンピュータ (ミニコン) が用いられていたが現在は製造されていない。その後、ネットワーク機能を持つ高性能 (一般に、処理速度、メモリ容量、ディスク容量といった点でパソコンよりも性能上位) 小型コンピュータとしてワークステーション (WS) が使用されたこともあるが、パソコンの高性能化と 24 時間連続稼動が可能な FA パソコンの登場などにより、新設・更新時には適用しない。

表 2.2-2 に分散処理方式における装置適用例を示す。

表 2.2-2 分散処理方式における装置適用例

処 理 機 能	FA パソコン	OA パソコン※	PLC 等の専用装置
デ ー タ 処 理 装 置	○		
表示記録端末装置	○	○	
表 示 端 末 装 置	○	○	
記 録 端 末 装 置	○	○	
操 作 端 末 装 置	○	○	
入 出 力 処 理 装 置			○

※OA パソコンが利用できるのは、1 日の使用時間(電源投入時間)が 8 時間程度で機能を代替できる装置が他にある場合に限る。

(2) データ処理周期による適用装置の使い分け

水管理制御システムに分散処理方式を採用した場合には、1 分以内の短周期処理を PLC 等の入出力処理装置側において行う (ただし、データ数が少ない場合には、1 台のパソコンで 1 分未満の周期の処理を実施することは可能である)。PLC 等の入出力処理装置を設ける考え方は次のとおりである。

- ① 処理装置の分散による、水管理制御システムの信頼性向上を図る。
- ② パソコンには入出力点数に制約がある。ゲートやバルブの機側操作盤、操作卓、監視盤、雨量水位 TM 装置、データ転送装置などとの信号入出力のために多数の入出力インタフェースを装備した装置が別途必要となる。
- ③ ゲート、バルブの開度入力処理では数百 msec、水位平滑処理では 2 秒ごとの高速処理が必要となる。

なお、入出力処理装置は、ゲート、バルブの機側操作盤、TM・TC 親局装置などとの間でプロセス信号の常時入出力を主体に行う「入出力処理装置 I」(専用装置 (PLC) を主体として構成) と、雨量水位テレメータ装置、操作卓、監視盤、警報盤、音声応答通報装置などの管理所内の装置との間

でデータの間欠的入出力を行う「入出力処理装置Ⅱ」の2種類に整理し構成する。

また、各種データの演算処理、異常検出を行う警報処理には連続稼働を必要とすること、1分、定時、正時ごとに処理された各種データを蓄積するファイル処理にも連続稼働を必要とすることから「FA パソコン」を適用する。

水管理制御システムを管理・運用するために必要な出力情報としては、ディスプレイ表示処理及び記録処理であり、操作員の要求に伴い情報を提供する形態となるため、連続稼働を必要としない「OA パソコン」の適用が可能である。しかし、その場合は使わない時に電源を切るなど、連続稼働にならないように運用することや他に機能を代替できる装置を設けることなどが必要である。

ダム管理所装置などとのデータのやりとりを行うデータ転送処理は、情報伝達に必要な転送手順や伝送方式に対応したインタフェースを装備しなければならないため、これらの条件に対応できる装置を適用する。

操作支援等のガイダンス処理は各処理機能に付属するものであるから、当該処理を実施する端末装置に機能を付加することができる。

(3) 処理装置に FA パソコンを適用する場合の留意事項

① 入出力機能

FA パソコンは、1分未満の短周期で処理する必要のある入出力機能などを別の入出力処理装置に受け持たせる必要がある。

② 耐用年数

FA パソコンのメーカー保証期間は保守契約を締結することを前提として参考交換年数は10年である。

③ OS の選定

パソコンの基本ソフトウェア（OS）は、改訂（バージョンアップ）周期が短く、年々改訂されている現状である。一方、各種機能を発揮するアプリケーションは、OS の上に構築されることになるが、特に購入ソフトの場合、OS のバージョンが変わるとその動作を保証されないのが普通である。このため、将来性、汎用性、拡張性などを考慮して適切な OS を選定する必要がある。

近年の FA パソコンでは、米マイクロソフト（Microsoft）社の企業向け OS として、自動更新は行わず、10年の長期サポートが提供される LTSC 【Long-Term Servicing Channel】の搭載が増えている。

(4) FA パソコンと OA パソコン

FA パソコンと OA パソコンは次の点で異なっている。適用に当たっては、この違いに注意して選定する必要がある。

FA パソコンは一般的に無人状態で長い時間連続使用することを前提とした設計である。このため、耐環境性及び RAS 機能が考慮されている。

一方、OA パソコンは経済性の面で有利なため、連続動作を要求されない表示/記録端末装置などとして使用することができるが、前述のような注意が必要である。

表 2.2-3 にデータ処理装置の機能比較を示す。

(5) 処理装置に PLC を適用する場合の留意事項

処理装置に PLC を適用する場合、以下に留意する必要がある。

① データ処理機能

シーケンス制御については高速処理が可能であるが、FA パソコンに比べ複雑な演算処理には不向きである。

また、ストレージが非常に少ないため、データを長期間保存することは出来ないためデータベースは別途用意する必要がある。

GUI は画面表示のカスタマイズができず、一連の作業動作が終了するまでの時間が長い。

② 耐用年数

FA パソコンよりも長く使用できる場合が多い。

③ 型式

PLC は型式の変更周期が長いいため長期間にわたって使用可能であり、更新時の費用も FA パソコンに比べ安価である。また、FA パソコンと異なり、PLC には基本ソフトウェア (OS) がないことから、新旧型式を並行して採用できる場合が多く、同じシステムを長期にわたって使用可能であるが、モデルチェンジの内容によっては旧ラダープログラムがそのまま使えない場合がある。

④ 二重化

システムの重要度に応じて、信頼性を向上させるために二重化を検討する必要がある。

FA パソコンの場合、同じ FA パソコンであるデータ処理装置と表示記録端末装置で二重化することが多いが、処理装置に PLC を適用する場合、表示記録端末装置には OA パソコンを用いる場合が多いため、PLC と OA パソコンで二重化することができない。

二重化が必要な場合、データ処理装置である PLC を二重化することで対応することができる。切り替えの条件は以下になる。

(a) 一方の装置との情報の受渡しにおいて異常を検出した場合。

(b) 一方の装置の装置異常を検出した場合。

(6) PLC の機器仕様例

① 構造	ユニット型
② 数量	1 式
③ CPU 部	1 式
(a) プログラム容量	10k ステップ以上
(b) シーケンス実行速度	0.5 μ s 以下
④ データ処理部	1 式
⑤ 入出力部	1 式
(a) ネットワーク部	1 式
(b) デジタル入力部	1 式
(c) デジタル出力部	1 式
(d) アナログ入力部	1 式
(e) アナログ出力部	1 式
⑥ 電源	単相 AC100V $\pm$ 10V
⑦ 連続稼働	24 時間稼働

表 2.2-3 データ処理装置の機能比較

項 目	FA パソコン	OA パソコン	PLC
概 要	計測機器や制御機器と接続し、収集データを処理し、必要な制御の指示を出すなど工場の自動化に使用されるパソコン。	個人、会社等の各種業務処理を目的として使用されるパソコン。	計測機器や制御機器と接続し、収集データを処理し、必要な制御の指示を出すなど工場の自動化に使用される制御機器。
市 場 性	各社から販売されている。	各社から販売されている。	各社から販売されている。
使用レベル	水管理制御システム用としての単独使用が主体。ネットワークを利用したサーバから端末などとしての使用がある。	主に、個人向けの単独使用が主体。ネットワークを利用したサーバから端末などとしての使用がある。	水管理制御システム用としての単独使用が主体。ネットワークを利用した制御機器としての使用がある。
OS	Windows 等	Windows 等	なし
通 信 機 能	RS232C 無手順程度、LAN 等に限定。	RS232C 無手順程度、LAN 等に限定。	RS232C 無手順、HDLC、LAN 等の各種通信機能をサポート。
信 頼 性	24 時間連続運用を考慮し、RAS 機能を持つ。	24 時間連続稼働は補償されない。また、RAS 機能も無い。	24 時間連続運用を考慮し、RAS 機能を持つ。
参 考 耐 用 年 数	10 年※（定期点検を実施した場合）	7 年※（定期点検を実施した場合）	10 年※（定期点検を実施した場合）
将 来 性	FA（ファクトリオートメーション）用としての本パソコンの使用が今後も継続する。	個人、会社等の各種 OA 業務処理用を主流として継続する。	FA（ファクトリオートメーション）用としての本 PLC の使用が今後も継続する。
更 新 時 の 留 意 点	既設装置との接続条件。 OS のバージョン変化に伴う既存ソフトの流用率によりソフト改造費用が大きく変化する。	既設装置との接続条件。 増設ユニットの供給体制。 OS のバージョン変化に伴う既存ソフトの流用率によりソフト改造費用が大きく変化する。	既設装置との接続条件。 型式の変化に伴う既存ラダーソフトの流用率によりソフト改造費用が大きく変化する。
そ の 他	悪い使用環境を想定し、熱、振動、電氣的ノイズへの耐久性を考慮。		悪い使用環境を想定し、振動、電氣的ノイズへの耐久性を考慮。

2.3 ソフトウェア

2.3.1 ソフトウェアの構成

一般的なコンピュータシステムにおけるソフトウェアは、基本ソフトウェア(オペレーティングシステムともいう。以下「OS」と記す)とアプリケーションプログラムから構成される。ソフトウェアとハードウェアの関係を図 2.3-1 に示す。

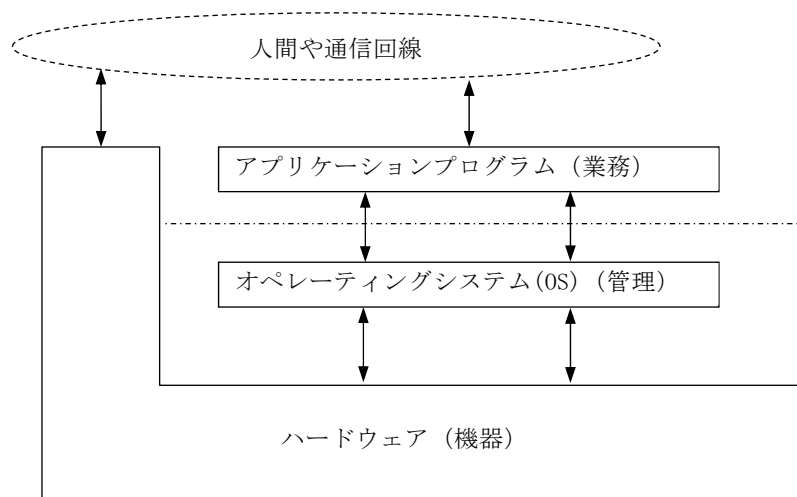


図 2.3-1 ソフトウェアとハードウェアの関係

OS はプログラムの実行を制御し、ハードウェア(機器)を有効に活用するための管理用ソフトウェアであり、プログラムの実行スケジュール管理、入出力制御、メモリ割付、データ管理及びこれらに関連する諸サービスを行う。

アプリケーションプログラム(応用ソフトとも呼ばれる)はコンピュータシステムの目的の機能を実行させるための業務用ソフトウェアであり、各 OS に適したプログラミング言語により作成される。

2.3.2 ソフトウェアの開発

(1) 開発に当たっての留意事項

ソフトウェアもハードウェアと同様に、下記の事項などについて留意することが必要である。

- ① 使用言語及び各種アプリケーションプログラムは、十分な品質検証が行われ、信頼性及び実績があること。
- ② 処理速度や拡張性などの性能が、水管理制御システムの機能に合った必要かつ十分なレベルのものであること。
- ③ 分散処理の装置分割単位だけでなく、同一装置内も機能別構成によるわかりやすい組み合わせであること。
- ④ 機能達成手段として、ハードウェアとソフトウェアとの効率的な分担について十分な事前検討資料が整備されており、保守や増設が容易であること。

なお、近年ネットワークの発展と共に、ウイルスによるシステム破壊も無視できない。これらのウイルス対策についても十分考慮することが必要である。

(2) ソフトウェアの開発設計

ソフトウェアの開発設計工程は、以下の3段階に大別される。各段階及び機能別に仕様書が作成され、それにより次の段階の設計や試験が行われる。

① システム設計

情報量の算出、制御方法・管理情報・水管理制御システム構成の決定、各種装置間インタフェース決定、プログラム仕様と概略流れ図の作成

② プログラム設計

メモリ種類ごとの割付、詳細流れ図の作成コーディング及びプログラムの作成など

③ プログラム試験

工場内(単体、組合せ及び総合)、現地

システム設計時に必要な諸元は、取り掛かる前に明確になっていることが必要である。途中での変更はソフトウェアの品質を低下させる大きな要因であるため、極力避けなければならない。

(3) ソフトウェアの区分化

ソフトウェアの設計を製作面から見ると以下の3つに区分できる。

- ① システムごとに製作する必要のない部分(固定部)
- ② システムごとに一部製作する必要の有る部分(半固定部)
- ③ システムごとに製作する必要の有る部分(変動部)

製作作業量上からの固定部の比率増加は変動部低減による信頼性の向上やコストの削減のため有効である。このためには入出力項目・演算処理方式・表示画面・記録様式などの標準化を図ることが必要である。

2.3.3 ソフトウェアの権利

ソフトウェアの権利は「著作権法」によって保護されている。一般に、市販されているソフトウェアは特定の装置に搭載して使用することを前提としており、購入者が自分の目的のため以外に権利者に無断で複製・改変することは禁じられている。

水管理制御システムに組み込まれるソフトウェアも特定の装置に搭載して使用することを前提としており、購入者が自分の目的のため以外に著作権者に無断で複製・改変することは禁じられている。

なお、著作権法では、下記定義のプログラム、データベースは著作物として権利・保護の対象としている。

第2条十の二、十の三

プログラム：電子計算機を機能させて一の結果を得ることができるように、これに対する指令を組み合わせたものとして表現したものをいう。

データベース：論文、数値、図形その他の情報の集合物であって、それらの情報を電子計算機で検索することができるように体系的に構成したものをいう。

2.3.4 基本ソフトウェア

(1) OSの選定

基本ソフトウェア（OS）は、従来、集中監視システムにおいては各社が独自に開発していたものから、業界標準の数種類に統一された。

OA系を主体としたパソコン業界標準の流れは、MS-DOS、Windows3.1に始まり、Windows NT、Windows2000、WindowsXP、Windows7、Windows10、Windows11とOSのバージョンアップと共に移行し、現在はWindows11が主流となっている。

一方、FA系ではOA系の流れより遅れて採用されるのが一般的であり、現在、FAパソコンではWindows10が主流となっている。水管理制御システムとして採用する場合の代表的なOS評価を表2.3-1に示す。

表 2.3-1 OS 評価

比較項目 \ OS	Windows		Linux
	クライアント	サーバ	
リアルタイム処理	◎	◎	◎
マルチメディア対応	◎	○	○
GUI	◎	◎	○
信頼性	◎	◎	◎
開発環境	◎	◎	◎
将来性	◎	◎	◎
セキュリティ性※1	○※2	○※2	◎
総合評価	◎	◎	◎

◎ 最適 ○ 適する

※1 対ウイルス性については、対象ウイルス数も考慮した評価

※2 OS本体の対セキュリティ度合を示す。対策ソフト等を導入した場合はこの限りでは無い。

ハードウェアのサポート状況もあり、水管理制御システムにおけるFAパソコンではWindows系（Windows10等）をOSとして採用することが多い。また、Linuxについても、信頼性が向上しており、十分FAへの対応が可能と判断され採用実績が出てきている。

現在一般的に用いられる OS の種類と機能概要を表 2.3-2 に示す。

表 2.3-2 一般に用いられる OS の種類と機能概要

項目 \ OS 名称	Windows		Linux
	クライアント	サーバ	
製造会社	米国マイクロソフト社		各社より Linux ディストリビューションとして有償販売されている
使用レベル	個人使用、基幹業務用ともに利用		主にネットワークを使用した基幹業務用サーバ用
利用形態	マルチタスク・シングルユーザ		マルチタスク・マルチユーザ
命令語長	64 ビット		
リアルタイム処理	プリエンティブ		
周辺装置の接続性	接続可能な機器は多い		Linux 用ドライブソフトが必要
通信機能	USB LAN RS-232-C 無手順※3 (1～2 回線程)	USB LAN RS-232-C 無手順程度 (1～2 回線程)	
マルチメディア対応	対応		対応 Linux ディストリビューションにより異なる
信頼性	基幹系、監視制御分野での実績あり		
グラフィックユーザインタフェース	マウス操作を基本としたユーザインタフェース		アプリケーションとして GUI を実装する。 GUI アプリケーションが多数存在
ソフトウェア開発環境	同一メーカーによる開発環境が用意されている。 無償の開発環境も用意されている		オープンソースとして多数存在する。 開発環境として eclipse が普及している
将来性	高い	高い	サーバを中心に展開し、ハードメーカーのサポートも期待できる環境にある
その他	基幹系では安定したシステムとして評価されている GUI はマウス操作を中心に直観的な操作が可能である	設定等もすべてウィンドウズ操作で行え、比較的容易にシステム管理が可能	主に保守の必要性から、有償でハードメーカー、ディストリビュータにより販売され、無償で使用される事は少ない

※3 近年ハードウェアの標準インタフェースとして装備されない機種が多い。

(2) OSの動向

今後のOSの動向は、表2.3-3になることが予想される。

なお、OSは機能を向上させるため、度々バージョンアップされているのが現状であり、部分更新等でOSをバージョンアップする場合は、アプリケーションプログラムの動作に影響することもあるので、ソフトウェア全体の評価試験を再度実施する必要がある。

表 2.3-3 水管理制御システムで採用したOSの動向（2024年度予測）

	データ処理装置・端末装置(クライアント)		サーバ装置
	FA パソコン	OA パソコン	FA パソコン
現 状	Windows10 が主流	Windows11 が主流	Windows server2019 が主流 Linux もある程度浸透している
今 後	Windows11 若しくはその後継の導入が始まると考えられるが、依然としてWindows10の採用は続くと推測される。	基本的に最新OSが搭載されたパソコンしか入手できない。 後継OSは発表されていないが、後継発売後はすぐに移行する。	Windows server2022 が主流として採用されることが考えられるが、Windows server2019 の採用も依然として続くと思われる。 また、Linux も継続的にある程度のシェアを確保すると推測される。

(3) リアルタイムOS

水管理制御システムのリアルタイム処理は入出力処理装置で行っており、データ処理装置でリアルタイム処理を行う必要が無い場合、リアルタイムOSを導入する必要はない。

なお、Windows系、Linux系のOSは数msec～数十msecのリアルタイム処理は行えないために、このリアルタイム処理を実現するWindows系OSとの共存型OSとして各種市販されている。ただし、近年のリアルタイムOSにはWindows系とは独立して動作が保障されているものがあり、 μ secオーダーの高速性、高信頼性の動作保証をする必要がある場合は、リアルタイムOSの採用を検討する。

2.3.5 アプリケーションプログラム

アプリケーションプログラムは目的とする機能を実行させるための業務用プログラムであり、OSに適したプログラム言語で作成する。

なお、機能分散型のシステムでは、プログラム上での異常の発見、修正等を容易にするため、各装置又はユニット単位でプログラムを作成する。

水管理制御システムに用いられるアプリケーションプログラムについては、第Ⅲ編3.2項参照。

2.3.6 情報セキュリティ

近年ネットワークの発展によって、情報セキュリティの重要性が高まっている。なかでもシステム構築に当たっては、不正アクセス、盗聴、DoS 攻撃、コンピュータウイルスなどの技術的な脅威に対する対策を講じる必要がある。

- ① 不正アクセス：ネットワークを経由して、無断でコンピュータに侵入する。その結果として、情報の破壊、漏洩、改ざん、さらには、他のコンピュータの破壊元になってしまう。
- ② 盗聴：ネットワーク上に流れる情報を不正に取得する。
- ③ DoS 攻撃：サーバなどに、集中的に通信負荷をかけるなどしてダウンさせる。
- ④ コンピュータウイルス：コンピュータに不正に入り込み、動作異常、保存ファイル破壊など悪い影響を与えるプログラム。

これらのほとんどが、システムの外部からの侵入により生じるものである。一般的な経路としては、インターネットが上げられる。

また、近年では、USB メモリなどの外部メディア等からのコンピュータウイルス感染も増えてきており、セキュリティが確保されていないメディアを挿入するのは、避けなければいけない。

これらの不正な行為を未然に防ぐための措置として、不正な通信を遮断する為のファイアウォールの設置、不正プログラムの感染に対するウイルス対策ソフトの導入を検討する必要がある。

また遠隔地とのデータの受渡し等をインターネット上で行うケースも見受けられるが、この場合には、漏洩防止として、データの暗号化を行うなどの対策を検討する必要がある。

セキュリティ対策を怠ると、自分のシステムが破壊するだけでなく、他のシステムを攻撃する踏み台となる可能性も発生する。

セキュリティに対しては、常にリスクがあることを意識し取り組む姿勢が必要である。

なお、情報提供を行う場合のセキュリティ上の留意点については、第VI編 1.4 項(1)参照。