



メディアとしての3次元モデル

データ型

大淵 竜太郎
山梨大学工学部コンピュータメディア工学科

© R. Ohbuchi



CADデータはマルチメディアデータ

- 3次元CADモデルの使われ方
 - 協調設計，同時設計．
 - マニファクチャリング，メンテナンス，ライフサイクル管理．
 - 設計の部品化，再利用．
 - 設計の文書化，部品カタログ．
 - エンジニアリングサービス，トレーニング，教育．
- キーワード
 - 多種情報の融合．
 - 通信，遠隔共有．
 - 配布，流通．



99/12/01 JSME '99 R. Ohbuchi 2

アウトライン



- メディアデータ型としての3次元モデル
- 3次元モデルの圧縮
- 3次元モデルの電子透かし
- まとめ

99/12/01

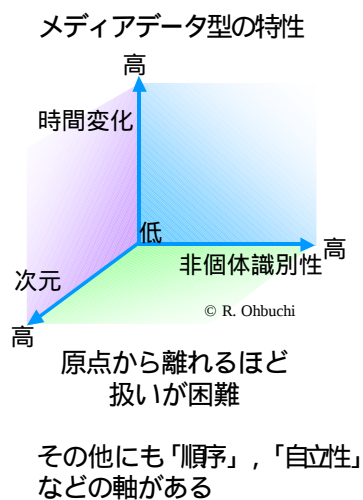
JSME '99 R. Ohbuchi

3

メディアデータ型



- テキスト
- 音声
- 画像
- 動画像
- 2次元モデル
 - SVG, デジタル地図, 等.
- 3次元モデル
 - 静的・動的3次元モデル
 - CAD, ゲーム, 放送, 等.
- プログラム
 - Javaアプレット, エージェント等.
- 等...



99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi

4

メディア・データ型とその操作



- テキストについてはこれらの操作がほぼ揃っている．
- 2次元静止画像，2次元動画像，音声などではまだまだ．

3次元モデルではどうなるのか？

99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi

5

3次元モデルの構成要素



- 形状
 - 次ページ．
 - これ無しでは考えられない！
- 形状属性
 - 頂点色，頂点法線ベクタ，頂点テクスチャ座標，面透明度，
 - 6面体（ソリッド）の温度，等の物理属性．
- 時間変化（アニメーション）
 - 座標・回転角の数値列
 - 顔・人体骨格アニメーションのパラメタ値列
 - VRML，MPEG 4 SNHC，等．

99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi

6

3次元モデルの形状の表現

■ 境界表現

- 多面体 (三角形, 四角形など)
- パラメータ曲面パッチ

■ ボリューム分解

- 線分集合, 輪郭スタック.
- ボクセル (規則, 不規則) 集合, 8分木.
- 6面体集合.

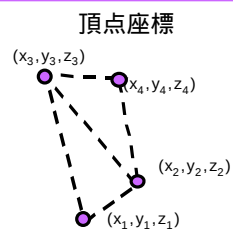
■ 手続き的ボリューム分解

- CSG.
- スイープ, Minkowski和, など.

ポリゴンメッシュの形状と形状属性

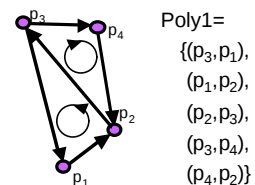


ポリゴン メッシュの 形状



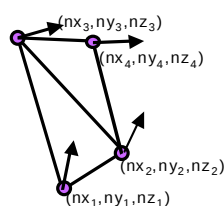
© R. Ohbuchi

頂点座標接続関係

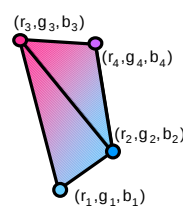


ポリゴン メッシュの 形状属性

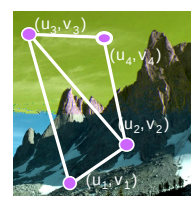
頂点法線ベクタ



頂点色



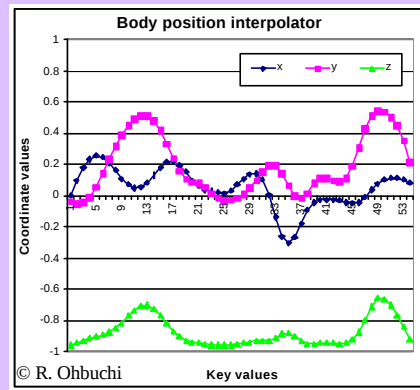
テクスチャ座標



時間変化

- MPEG 4 アニメーションパラメタ
 - 顔・体アニメーションパラメタ
- MPEG 4 Delaunayメッシュ
 - 2次元メッシュの頂点座標値が変化し, そのDelaunayメッシュの位相も変化.
- VRML インタポレータ
 - 座標・角度インタポレータ, 等.
- “Holoflick”
 - 全メッシュの動的総入れ替え. [Deering]

VRML座標インタポレータ



アウトライン



- メディアデータ型としての3次元モデル
- 3次元モデルの圧縮
- 3次元モデルの電子透かし
- まとめ

ポリゴンメッシュの圧縮



■ ポリゴンメッシュの圧縮

- メッシュの頂点座標値
 - Deering95, Java3D, Li98, MPEG4, etc.
- メッシュ頂点の接続関係 (位相)
 - Taubin98, Touma98, Gumhold98, Rossignac99, etc.
- 6面体メッシュの圧縮
 - Szymczak99

■ ポリゴンメッシュの漸近転送

- Taubin98, Pajarola99, etc.

■ ノンマニフォールドの処理

- マニフォールドに変換し, 変換手順と変換結果を圧縮する
 - 増田98, Rossignac99.
 - 増田98: 情報処理学会論文誌1998 (CADにも採録.)

99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi

11

圧縮の種類



■ 無損失圧縮 v.s. 損失圧縮

- 無損失圧縮に限り, もとのデータが完全に復元できる.
 - CADでは一般に無損失圧縮.

■ 一括圧縮転送 v.s. 漸近圧縮転送

- 漸近転送は複数の小さな塊で徐々にデータを送るが, 一括転送は1度で全部送る.
 - 部分データの復元結果でも, 全体を見通せること.
 - 漸近転送に要する全データ量は一括転送のそれより多くなるが, できるだけその差が小さいこと.

■ 逐次圧縮転送 (ストリーミング)

- 動的に変化するデータを, 逐次圧縮し転送する.

99/12/01

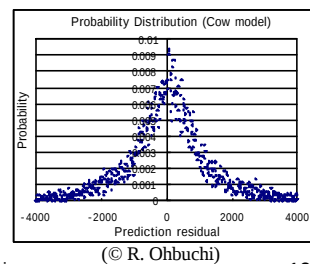
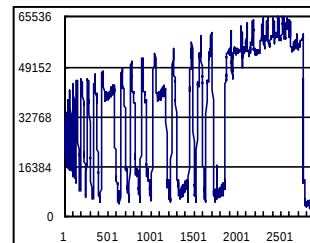
JSME '99 R. Ohbuchi

12

メッシュ幾何情報の圧縮



- コヒーレンスの除去
 - バウンディングボックスで正規化 .
 - 隣接頂点から予測
 - 3角ストリップ上の隣接頂点, 四辺形をなす頂点, 注目する頂点を囲む頂点群, などから予測 .
- 量子化と符号化
 - 予測残渣を量子化し, 符号列化 .
- 符号列をエントロピー符号化
 - Huffman符号, 算術符号, など .



(© R. Ohbuchi)

99/12/01

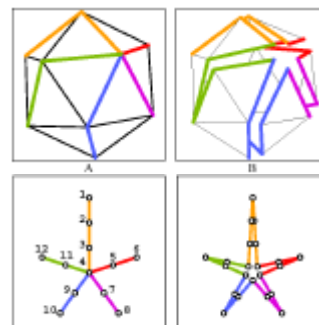
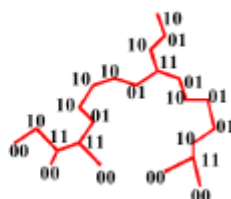
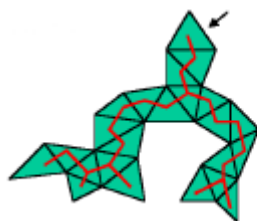
JSME '99 R. Ohbuchi

13

メッシュ位相情報の圧縮



- Taubinの方法 .
 - 頂点のスパニング木を作る .
 - その木沿いにメッシュを切り開き, 3角ストリップにする .
 - 3角ストリップとスパニング木を符号化する .
 - 3角形木で2b/Tri.
 - Run-length符号化でさらに低下 .

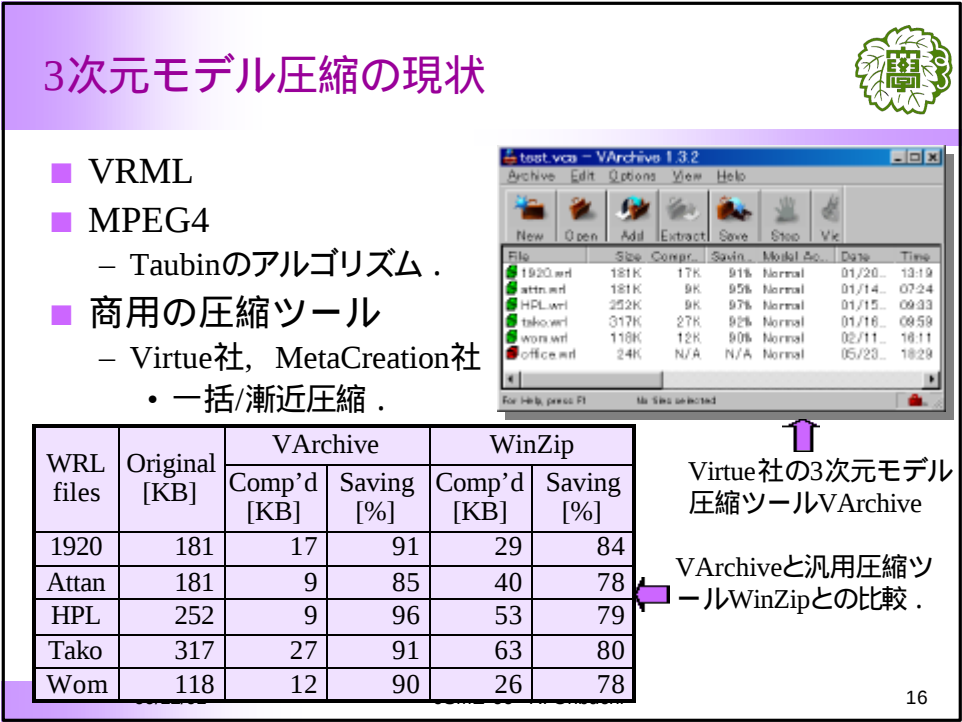
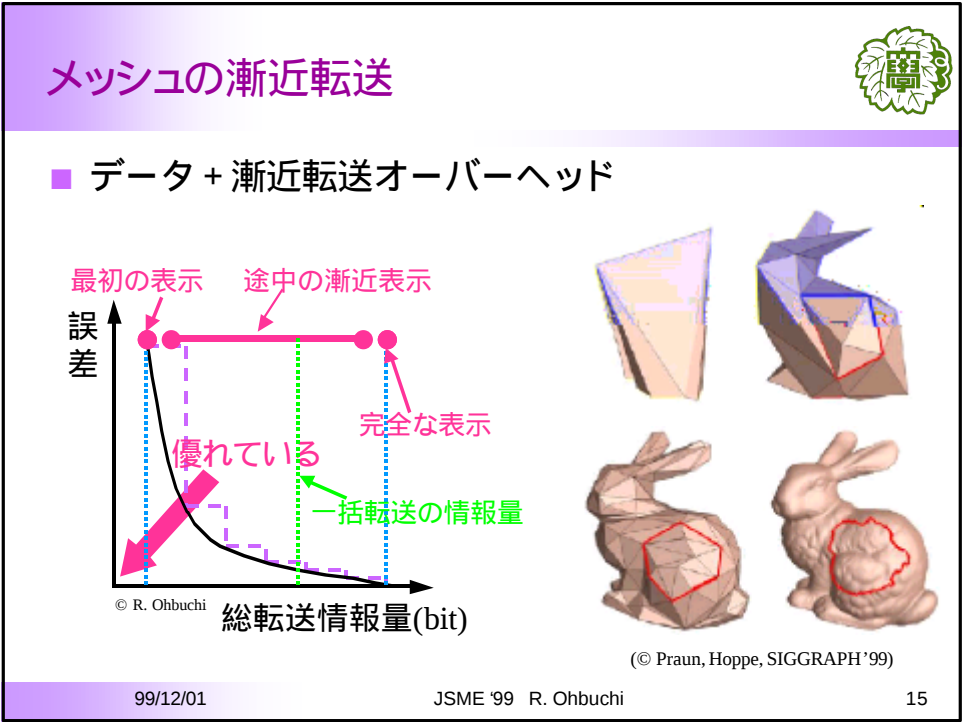


(© Gabriel Taubin)

99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi

14



アウトライン



- メディアデータ型としての3次元モデル
- 3次元モデルの圧縮
- 3次元モデルの電子透かし
- まとめ

99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi

17

電子透かしとは

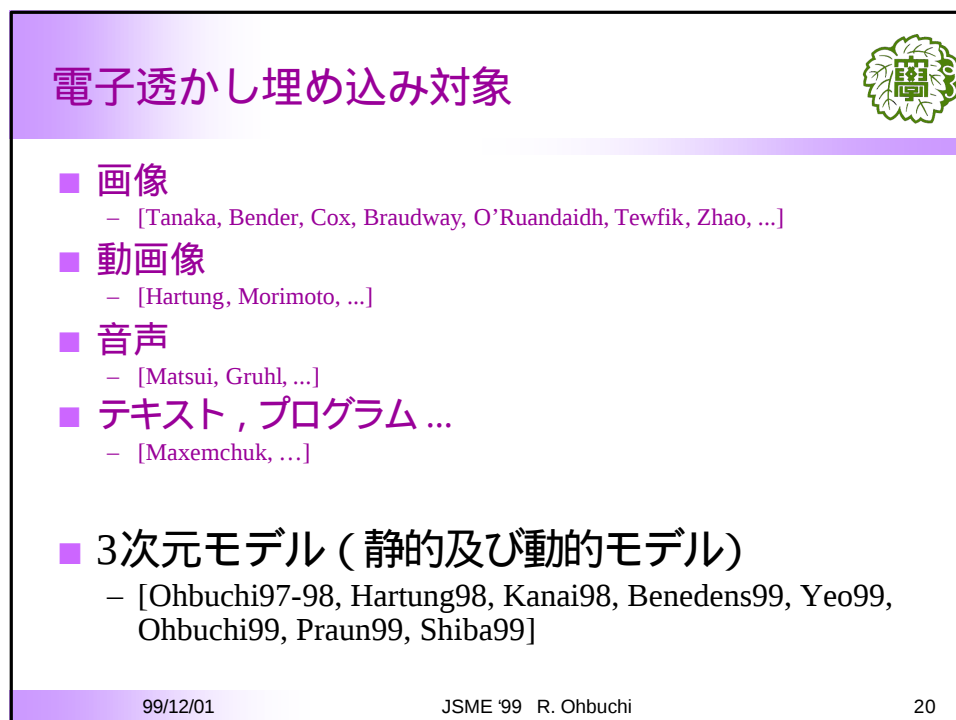
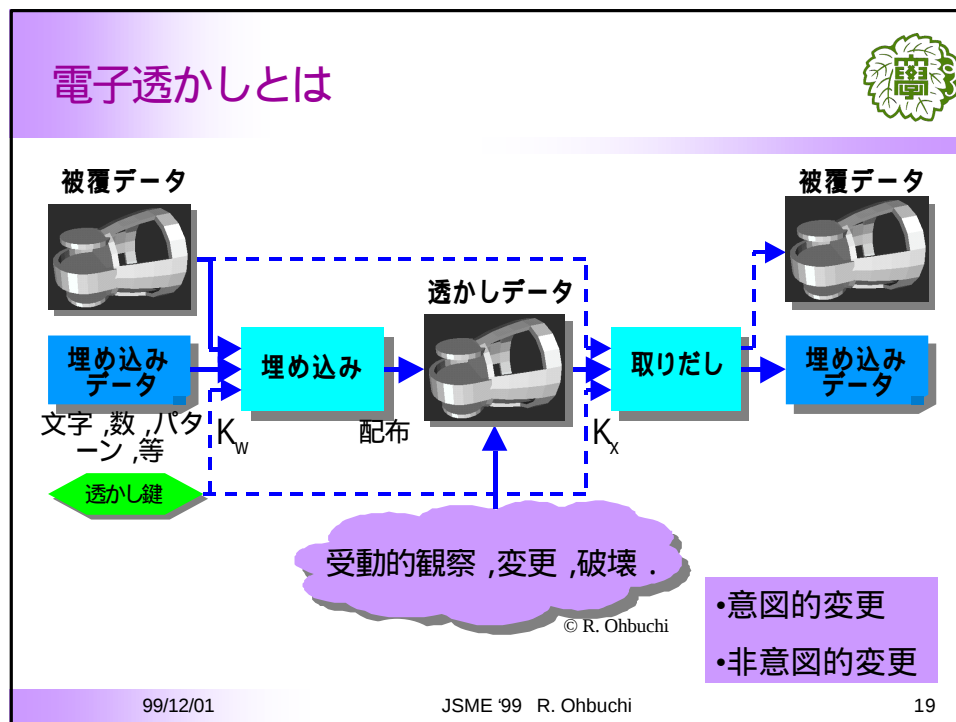


- 透かし(watermark)と呼ばれる構造をコンテンツに付加し, その構造にデータを埋め込む.
- 使い道
 - 盗用の牽制.
 - 知的所有権通知.
 - 改ざんの検出, 内容保全性チェック.
 - 指紋付け.
 - 利用制御 (例: 再生許可)
 - 秘密通信.
 - ...

99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi

18



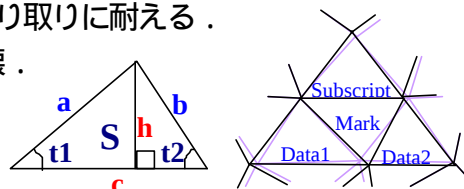
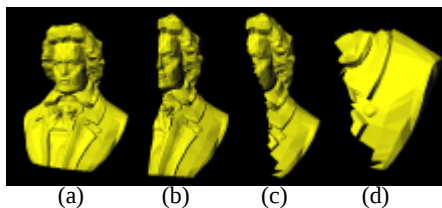
電子透かしの分類

- 可知な透かし v.s. 不可知な透かし
 - 不可知な透かし：機械処理をしない限り人は気づかない。
 - 可知な透かしにも，再販価値減などの使い道がある。
- 頑強な透かし v.s. 脆い透かし
 - 頑強な透かし：壊れずに著作権などを主張。
 - 「完全に」頑強な透かしは無理？
 - 脆い透かし：壊れることで改ざん等を検出。
- 公開透かし v.s. 非公開（秘密）透かし
 - 公開透かし：埋め込まれたデータのみで取り出し可能。
 - 使い道が広い。
 - 非公開透かし：透かしの取り出しに元のコンテンツが必要。

ポリゴンメッシュ座標値への埋め込み



- 座標（無変換）領域での埋め込み
 - 4面体体積比，3角形の相似比，など幾何変換不変量进行操作して埋め込む〔Ohbuchi97〕。
 - 繰り返し埋め込みにより切り取りに耐える。
 - 座標へのノイズ重畳で破壊。



切り取りによるデータ損失

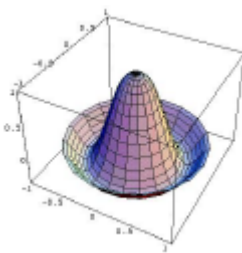
	No. of Δs	Data remained intact
a	4889	6 copies, 132 bytes each.
b	2443	132/132 bytes
c	1192	102/132 bytes
d	399	85/132 bytes

ポリゴンメッシュ座標値への埋め込み



■ 周波数（変換）領域での埋め込み

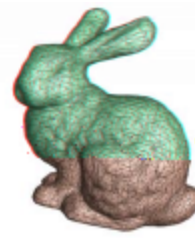
- ポリゴンメッシュ上のウェーブレット解析係数を変更して埋め込む〔金井(理) 98〕
- 漸近メッシュ上に基底を立て，その係数に埋め込む〔Praun99〕
 - 複雑なメッシュにのみ適用可能．元のメッシュが必要（非公開透かし）
 - 相似変換，切り取り，単純化，ノイズに耐える．



99/12/01



JSME '99 R. Ohbuchi

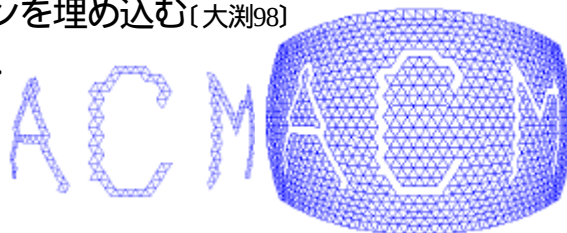
© Praun, Hoppe
23

ポリゴンメッシュ位相への埋め込み



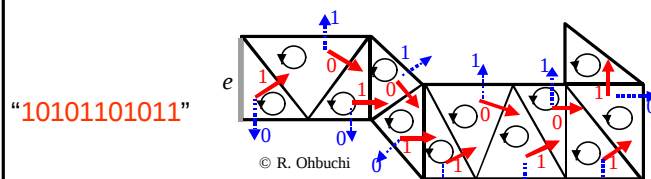
■ メッシュにパターンを埋め込む〔大淵98〕

- メッシュ細度変更．
- メッシュ切り抜き．
- 等．



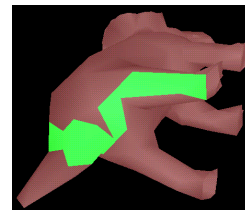
■ 3角ストリップの接続関係にビット列を埋め込む〔大淵98〕

- Taubinの3角形木の符号化を逆利用．



99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi



幾何形状属性, アニメーションデータへの埋め込み



■ 幾何形状の属性への埋め込み

- テクスチャ座標を少し変えて歪んでも気づかない [Ohbuchi98] .

961Trisの球に顔のテクスチャを張り, テクスチャ座標を歪ませた .



■ アニメーションデータへの埋め込み [Hartung99]

- MPEG4 Face Animation Parameters の位相に埋め込んだ .
 - 顔全体で66パラメータ . それぞれは小さな整数 .
- 2次元動画像にレンダリング後のMPEG2ムービーからの透かしの取りだしに成功した .

99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi

25

パラメトリック曲面・曲線への埋め込み

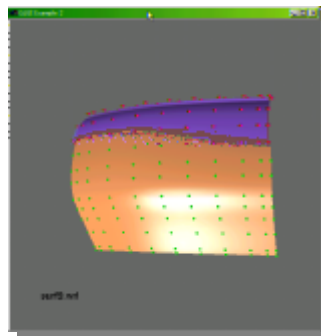


■ CADデータの特徴

- CAD応用ではパラメトリック曲面・曲線で形状を定義することが多い .
- 一般に, 微小な形状変更も許容しない .

■ 透かしの使い方

- 脆い透かしにより, 無断変更や改ざんの検出 .
- 指紋付けにより, 漏洩ルートの特定 .



99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi

26

パラメトリック曲線・曲面への透かし埋め込みアプローチ



- 内在する冗長性を使う
 - 幾何形状不変，データ量不変．
 - 例：有理線形再パラメタ化〔Ohbuchi99〕
- 冗長性を付加する
 - 幾何形状不変，データ量増加．
 - 節点・制御点を付加．
 - 例：節点挿入，次数上げ，等．
- 制約を緩める：幾何形状変化を許す．
 - 幾何形状変化，データ量増加．
 - 例：節点変更，制御点変更，等．

99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi

27

NURBS曲線・曲面への幾何形状不変・データ量不変な埋め込み〔大淵99〕



- NURBS曲線は有理線形再パラメタ化でその幾何形状とデータ量を保存する．
 - 頑強性が低いので，脆い透かし向け．

NURBS曲線 $C(u)$

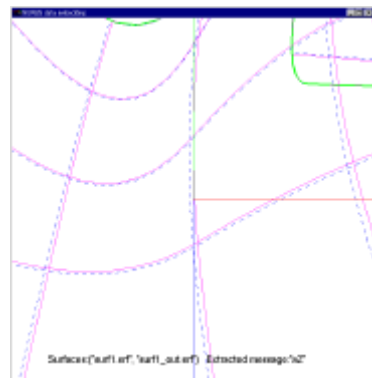


再パラメタ化

有理線形関数

$$s = g(u) = \frac{\alpha u + \beta}{\gamma u + \delta}$$

NURBS曲線 $C(s)$



99/12/01

JSME '99 R. Ohbuchi

28

まとめ



- CADデータはマルチメディアデータである。
 - 入出力，編集に加えてハイパーリンク付け，索引付加，圧縮，著作権管理，類似検索，などが重要になる。
- 圧縮
 - 形状（座標），位相，属性などを圧縮。
 - ポリゴンはかなりよくわかってきたが，その他はまだ。
- 電子透かし
 - 見えない印を3次元モデルに埋め込む。
 - 始めたばかりだが，期待はある。
- 3次元モデル電子透かしのリンク
www.kki.yamanashi.ac.jp/~ohbuchi/research/3dwmbib.html